

А.Н. Евсеев

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОМА

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1202

А. Н. Евсеев

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОМА



Москва
«Радио и связь»
1994

ББК 32.844
Е25
УДК (621.396.6+621.318.57+621.382) : 64

Редакция литературы по информатике и вычислительной технике

Евсеев А. Н.

Е25 Электронные устройства для дома.— М.: Радио и связь, 1994. — 144 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1202.).

ISBN 5-256-01194-4.

Описываются различные устройства, которые могут быть использованы в быту: переключатели елочных гирлянд, зарядные устройства для автомобильных аккумуляторов, регуляторы для холодильников, реле времени и др. Приведены подробные сведения по монтажу и наладке устройств.

Для широкого круга радиолюбителей.

Е $\frac{2302020000-042}{046(01)-94}$ КБ-94 **ББК 32.844**

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1202

Евсеев Андрей Николаевич

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОМА

Заведующий редакцией Ю. Г. Ивашов
Редактор И. Н. Суслова
Художественный редактор Л. А. Горшкова
Технический редактор Т. Г. Родина
Корректор Н. В. Козлова

ИБ № 2601

ЛР № 010164 от 04.01.92

Сдано в набор 18.03.94 Подписано в печать 13.05.94
Формат 60×84 1/16 Бумага офсетная № 2 Гарнитура литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 8,37 Усл. кр.-отт. 8,60 Уч.-изд. л. 10,40 Тираж 20 000 экз. (2-й завод с 10 001—20 000 экз.) Изд. № 23826 Зак. № 19 С-042
Изд. № 23826 Зак. № 19 С-042

Издательство «Радио и связь». 101000, Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь». 101000, Москва, Почтамт, а/я 693

ISBN 5-256-01194-4

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ И РАБОТА С НИМИ

В большинстве устройств, описанных в этой книге, используются интегральные микросхемы. Радиолюбители даже с небольшим опытом конструирования аппаратуры скорее всего уже имели дело с микросхемами. Но и начинающие радиолюбители смогут повторить устройства, описанные в этой книге. Сведения о микросхемах и рекомендации по их применению, изложенные ниже, помогут им в этом.

Интегральной микросхемой называют миниатюрное электронное устройство, выполняющее определенные функции преобразования и обработки сигналов и содержащее большое число активных и пассивных элементов (от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч) в сравнительно небольшом корпусе.

Все микросхемы подразделяют на две группы — аналоговые и цифровые. *Аналоговые* микросхемы предназначены для работы с непрерывными во времени сигналами. К их числу можно отнести усилители радио-, звуковой и промежуточной частот, операционные усилители, стабилизаторы напряжения и др. Для аналоговых микросхем характерно то, что входная и выходная электрические величины могут иметь любые значения в заданном диапазоне. В *цифровых* же микросхемах входные и выходные сигналы могут иметь один из двух уровней напряжения: высокий или низкий. В первом случае говорят, что мы имеем дело с высоким логическим уровнем, или логической 1, а во втором — с низким логическим уровнем, или логическим 0. Для микросхемы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) серий К133, К156, К555, широко используемых радиолюбителями, в технических условиях указывают напряжение высокого логического уровня не менее 2,4 В, а низкого — не более 0,4 В. Фактически эти напряжения составляют обычно 3,2 ... 3,5 и 0,1 ... 0,2 В.

В своих разработках радиолюбители наряду с микросхемами ТТЛ широко используют микросхемы на полевых транзисторах, из которых наибольшее распространение получили серии микросхем КМОП (комплементарные полевые транзисторы со структурой металл — окисел — полупроводник). К ним относятся, например, микросхемы серий К164, К176, К561, К564. Для таких микросхем напряжения, соответствующие высокому и низкому логическим уровням, составляют соответственно 8,6 ... 8,8 и 0,02 ... 0,05 В (при напряжении питания 9 В).

Таким образом, в микросхемах ТТЛ и КМОП высокий и низкий уровни напряжений сильно отличаются друг от друга, что упрощает совместную работу микросхем с транзисторами, тиристорами и другими приборами.

Таблица 1

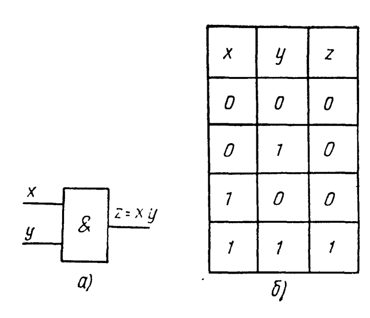
Десятичное число	IV разряд (2^3)	III разряд (2^2)	II разряд (2^1)	I разряд (2^0)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Почему же уровни напряжений называют логическими?

Дело в том, что цифровые микросхемы предназначены для выполнения определенных логических действий над входными сигналами. Например, на выходе цифровой микросхемы должно появиться напряжение высокого уровня в том случае, если напряжение высокого уровня присутствует хотя бы на одном из входов, т. е. данная микросхема выполняет логическую операцию ИЛИ (логическое сложение). Если же логический сигнал на выходе микросхемы должен быть равен произведению логических сигналов на входах микросхемы, то это операция логического умножения. Существует множество других правил обработки сигналов в цифровых микросхемах. Специальная область математики — булева алгебра (по имени английского математика Дж. Буля) — исследует эти законы. Вот почему цифровые микросхемы называют еще и логическими.

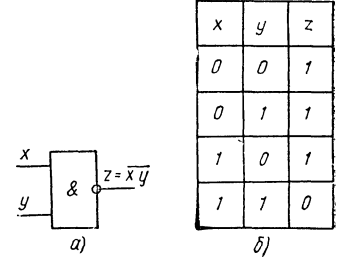
В основу работы цифровых микросхем положена двоичная система счисления. В этой системе используются две цифры: 0 и 1. Цифра 0 соответствует отсутствию напряжения на выходе логического устройства, 1 — наличию напряжения. С помощью нулей и единиц двоичной системы можно записать (закодировать) любое десятичное число. Так, для записи одноразрядного десятичного числа требуются четыре двоичных разряда. Сказанное поясняется табл. 1.

В первом столбце таблицы (ее называют таблицей истинности) записаны десятичные числа от 0 до 9, а в последующих четырех столбцах — разряды двоичного числа. Видно, что число в последующей строке получается в результате прибавления 1 к первому разряду двоичного числа. С помощью четырех разрядов можно записать числа от 0000 до 1111, что соответствует диапазону чисел от 0 до 15 в десятичной системе. Таким образом, если двоичное число содержит N разрядов, то с его помощью можно записать максимальное десятичное число, равное $2^N—1$. По таблице также несложно заметить, как можно перевести число из двоичной системы в десятичную. Для этого достаточно сложить степени числа 2, соответствующие тем разрядам, в которых записаны логические 1. Так, двоичное число 1001 соответствует десятичному числу 9 (2^3+2^0).



x	y	z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Рис. 1. Логический элемент И:
а — условное обозначение; *б* — таблица истинности



x	y	z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рис. 2. Логический элемент 2И-НЕ:
а — условное обозначение; *б* — таблица истинности

Двоичную систему счисления используют в большинстве современных цифровых вычислительных машин.

Рассмотрим свойства и работу некоторых простейших логических элементов, широко используемых радиолюбителями в конструируемых устройствах и приборах.

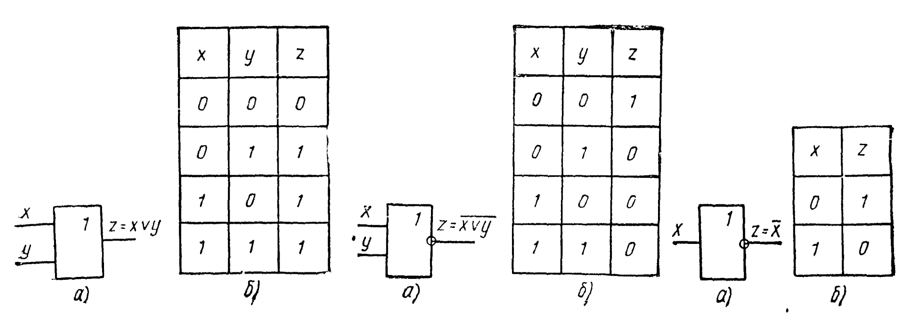
Логический элемент И (рис. 1, *а*) имеет два входа и один выход. В верхней части прямоугольника стоит знак & (амперсент), который обозначает операцию объединения, перемножения. Это значит, что напряжение высокого уровня на выходе присутствует в том, и только в том случае, если на обоих входах также напряжения высокого уровня. Это поясняется таблицей истинности, приведенной на рис. 1, *б*. Логический элемент 2И-НЕ отличается от элемента И только инвертированием выходного сигнала (рис. 2).

Логический элемент ИЛИ (рис. 3, *а*) имеет два входа и один выход. Если хотя бы на одном из входов есть напряжение высокого уровня, то такое же напряжение будет на выходе (рис. 3, *б*). Работа элемента 2ИЛИ-НЕ отличается только инвертированием выходного сигнала (рис. 4).

Логический элемент НЕ (рис. 5, *а*) имеет один вход и один выход. Если на вход подать напряжение высокого уровня, то на выходе установится напряжение низкого уровня, и наоборот, т. е. говорят, что входной сигнал инвертируется элементом (рис. 5, *б*).

Эти три разновидности логических элементов позволяют реализовывать любую сколь угодно сложную логическую функцию. Однако для облегчения работы конструктора разработано и выпускается множество других логических элементов [3И-НЕ, 2ИЛИ-НЕ, 2-2-3-4И-4ИЛИ-НЕ (рис. 6) и др.], реализованных в отдельных корпусах микросхем.

Одним из наиболее широко применяемых радиолюбителями в своих конструкциях является логический элемент 2И-НЕ (см. рис. 2). Если подавать входной сигнал на соединенные вместе входы, то он будет работать как инвертор (рис. 7, *а*). С помощью двух логических элементов 2И-НЕ можно производить операцию логического умножения (рис. 7, *б*), с помощью трех логи-



x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

x	y	z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

x	z
0	1
1	0

Рис. 3. Логический элемент ИЛИ:

а — условное обозначение (знак ∨ обозначает операцию ИЛИ); *б* — таблица истинности

Рис. 4. Логический элемент 2ИЛИ-НЕ:

а — условное обозначение; *б* — таблица истинности

Рис. 5. Логический элемент НЕ:

а — условное обозначение (символ $\overline{x}$ обозначает отрицание x); *б* — таблица истинности

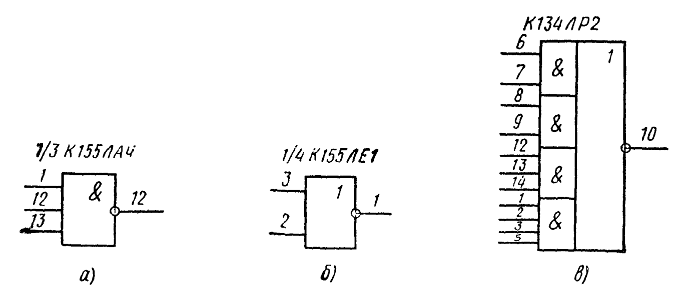


Рис. 6. Некоторые логические элементы, выпускаемые промышленностью:

а — 3И-НЕ; *б* — 2ИЛИ-НЕ; *в* — 2-2-3-4И-4ИЛИ-НЕ

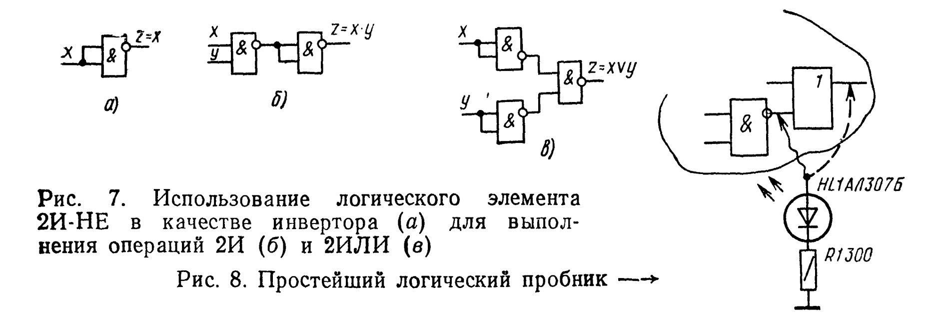


Рис. 7. Использование логического элемента 2И-НЕ в качестве инвертора (*а*) для выполнения операций 2И (*б*) и 2ИЛИ (*в*)

Рис. 8. Простейший логический пробник ⟶

ческих элементов — операцию логического сложения (операцию ИЛИ, рис. 7, *в*). Таким образом, с помощью элемента 2И-НЕ можно реализовать любую логическую операцию.

Одной из наиболее популярных у радиолюбителей серий микросхем является серия К155. В настоящее время она насчитывает более 100 наименований.

Микросхемы серии К155 питаются от источника постоянного напряжения 5 В±5%, потребляя ток (на один корпус) в зависимости от назначения от 10 до 100 мА. Как было отмечено, напряжение высокого уровня фактически составляет около 3,5 В, а низкого — около 0,1 В. Для того чтобы подать на вход логического элемента напряжение низкого уровня, достаточно этот вход соединить с общим проводом питания. Для подачи напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако, чтобы уменьшить влияние помех, желательно этот вход подключить к напряжению +5 В через резистор сопротивлением 1 ... 1,5 кОм. К одному резистору можно подключать до 10 входов микросхем. Напряжение на входах логических элементов можно измерять обычным авометром на пределе измерения постоянного напряжения, но лучше использовать специальный пробник.

Простейший пробник состоит из светодиода и резистора (рис. 8). Если при подключении к выходу логического элемента светодиод светится, то на этом выходе напряжение высокого уровня, если же световод не светится, то на входе пробника напряжение низкого уровня.

На рис. 9, *а* представлена схема логического пробника, который индицирует уровни логического 0 и логической 1 зажиганием одного из двух светодиодов.

При отсутствии входного сигнала на выходе логического элемента DD1.1 действует напряжение низкого уровня, а на выходе логического элемента DD1.2 — высокого уровня. Светодиоды HL1 и HL2 не светятся. При подаче на вход напряжения низкого уровня (0 ... 0,4 В) состояние логического элемента DD1.2 не изменяется, а на выходе DD1.1 появляется напряжение высокого уровня (поскольку на входы DD1.1 через открытый диод VD1 подано напряжение низкого уровня). Загорается светодиод HL1, индицируя уровень логического 0. Если же на вход подано напряжение высокого уровня, то через открывшийся диод VD2 это напряжение подается на входы логического элемента DD1.2; на выходе DD1.2 появляется напряжение низкого уровня и загорается светодиод HL2, показывая уровень логической 1. Состояние же элемента DD1.1 при этом не изменяется, светодиод HL1 не горит.

На рис. 9, *б* представлена схема другого логического пробника, аналогичного по принципу работы предыдущему. Отличие состоит в том, что информация о логических уровнях напряжения выводится на светодиодный семисегментный цифровой индикатор. Для управления сегментами в пробник добавлены логические элементы DD1.3, DD1.4 и диоды VD3, VD4. Сегменты, имеющие выводы 10, 13, индицируют логическую 1, а все шесть сегментов — логический 0. Сегмент, имеющий вывод 6, — знак запятой (индикация включения пробника). Логические элементы DD1.3 и DD1.4 включены параллельно для получе-

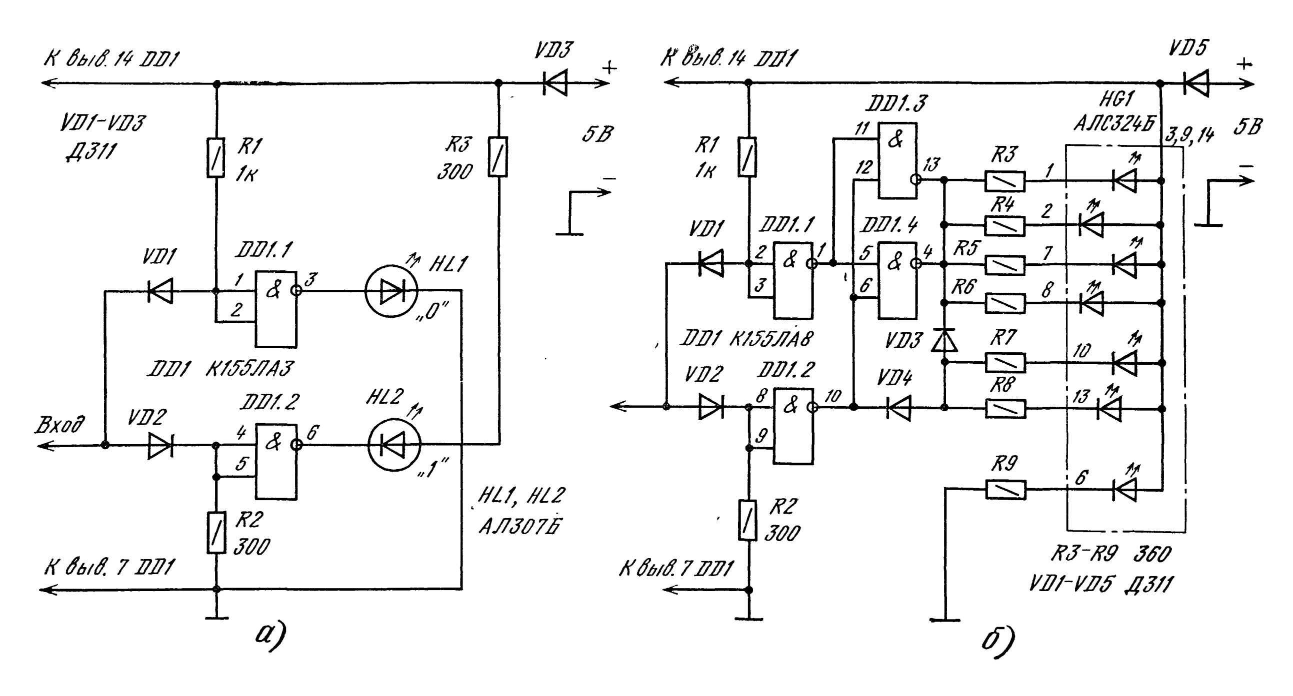


Рис. 9. Логические пробники с индикатором из двух светодиодов (*а*) и с цифровым индикатором (*б*)

ния суммарного выходного тока, обеспечивающего нормальную работу одновременно шести сегментов.

Для предотвращения подачи на пробники напряжения обратной полярности в их плюсовые шины включены диоды (VD3 на рис. 9, *а* и VD5 на рис. 9, *б*).

Микросхему К155ЛА3 можно заменить на К133ЛА3, К158ЛА3, К155ЛА1, К155ЛА4, К555ЛА3. Вместо К155ЛА8 можно применить К133ЛА8, К155ЛА3, но в последнем случае номинал резисторов R3—R8 необходимо увеличить до 820 Ом. Светодиодный индикатор АЛС324Б можно заменить на АЛ133, АЛС312 с любым буквенным индексом, а также на АЛ305А, АЛС321Б, АЛС337Б, АЛС338Б, АЛС324Б. Диоды могут быть любыми из серий Д7, Д9, Д311.

Пробник со светодиодным индикатором собран в корпусе от вышедшей из строя электрозажигалки или другом.

Такие пробники пригодны для работы с микросхемами, рассчитанными на питание от источника напряжением +5 В (серии К155, К555, К133, К134). Для работ с микросхемами КМОП (серии К164, К176, К561, К561) пробник может быть собран по аналогичной схеме на микросхемах КМОП, но для управления сегментами цифрового индикатора придется применить транзисторные ключи.

Теперь несколько слов о более сложных микросхемах, с которыми читатель встретится в книге.

Во многих рассматриваемых конструкциях используют триггеры (электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями, причем переход из одного состояния в другое происходит под действием внешнего сигнала). При отсутствии сигнала триггер может находиться в одном из двух состояний неограниченно долго (т. е. обладает «памятью»). Поэтому триггеры широко используют в электронно-вычислительных машинах для хранения информации. В зависимости от выполняемых функций и назначения триггеры классифицируют по типам. Мы рассмотрим только два из них: RS- и D-триггеры.

Условное обозначение RS-триггера представлено на рис. 10, *а*. Он имеет по два входа и выхода. Выходы обозначены буквами Q (прямой) и $\bar{Q}$ (инверсный). Логические уровни на этих двух выходах противоположны. Это сделано для удобства соединения триггеров с другими логическими элементами устройств. Некоторые типы триггеров инверсного выхода не имеют. Вход S пред-

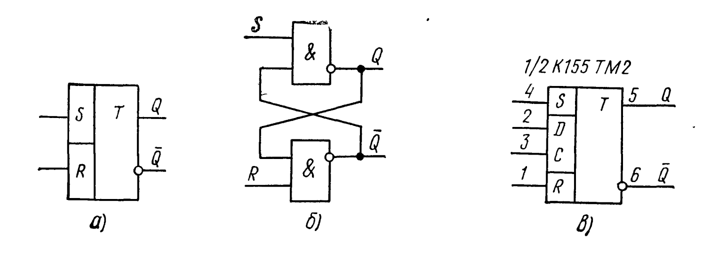


Рис. 10. Триггеры:
а — условное обозначение RS-триггера; *б* — RS-триггер на двух логических элементах 2И-НЕ; *в* — условное обозначение D-триггера

назначен для установки триггера в единичное состояние (напряжение высокого уровня на выходе Q); вход R — для установки в нулевое состояние (напряжение низкого уровня на выходе Q). Поскольку среди микросхем серии К155 RS-триггер отсутствует, его собирают из двух логических элементов 2И-НЕ, входящих в состав микросхемы К155ЛА3 (рис. 10, *б*). Установка триггера в нужное состояние осуществляется подачей напряжения низкого уровня на один из входов (на другом входе в это время должно быть напряжение высокого уровня). Подача на оба входа напряжения низкого уровня недопустима.

На рис. 10, *в* представлено условное обозначение D-триггера (нумерация выводов приведена для микросхемы К155ТМ2, содержащей два таких триггера). По сравнению с RS-триггером здесь имеются два новых вывода: D и C. Вход D называют информационным, а C — входом синхронизации. После подачи импульса на вход C на прямом выходе Q триггера установится тот логический уровень, который был до прихода синхроимпульса на входе D. Входы R и S выполняют те же функции, что и в рассмотренном выше RS-триггере.

Рассмотренный D-триггер несложно преобразовать в счетный триггер, т. е. такой, состояние которого изменяется после поступления очередного импульса на счетный вход. Для обеспечения счетного режима необходимо вход D соединить с инверсным выходом триггера (рис. 11, *а*). Из логики работы D-триггера следует, что после прихода импульса на вход C состояние триггера будет изменяться на противоположное. Это иллюстрируется временными диаграммами, или эпюрами напряжений (рис. 11, *б*). Подобно таблице истинности, эпюры напряжений дают наглядное представление о работе устройства, к ним мы будем обращаться и в дальнейшем. Необходимо отметить, что изменение состояния D-триггера данного типа происходит при изменении напряжения на счетном входе с низкого уровня на высокий. Такое изменение напряжения часто называют положительным перепадом напряжения или фронтом импульса. Реакцию триггера на положительный перепад напряжения отображают косой чертой, пересекающей линию входа C (см. рис. 11, *а*). Аналогично изменение напряжения с высокого уровня на низкий называют отрицательным перепадом напряжения, спадом или срезом импульса. На схемах это отображают также косой чертой, но повернутой на 90° относительно показанной на рисунке. В зависи-

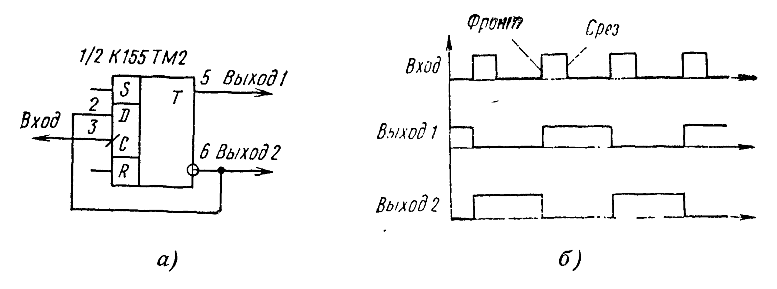
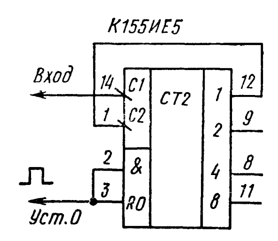
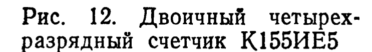


Рис. 11. Работа D-триггера в счетном режиме:
а — соединение выводов; *б* — временные диаграммы




Рис. 12. Двоичный четырехразрядный счетчик К155ИЕ5

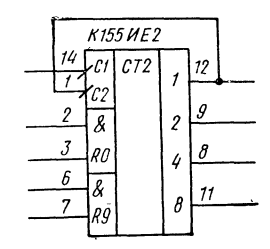


Рис. 13. Двоично-десятичный счетчик К155ИЕ2

мости от своей внутренней структуры триггер реагирует или на положительный, или на отрицательный перепад напряжения.

Несколько триггеров, объединенных в одной микросхеме и соединенных между собой, образуют счетчик. На рис. 12 показана микросхема К155ИЕ5, содержащая в своем составе четыре счетных триггера. Входом первого триггера является вывод 14, а выходом — вывод 12. Три остальных триггера соединены последовательно, входом первого триггера является вывод 1, а выходами этих триггеров — выводы 9, 8, 11. Для обеспечения последовательной работы всех четырех триггеров следует соединить выводы 1 и 12. Триггеры переключаются спадом импульса (в отличие от микросхемы К155ТМ2). Установку всех триггеров в нулевое состояние осуществляют кратковременной подачей напряжения высокого уровня на оба входа & R0. Частота импульсов на выходах 1, 2, 4, 8 соответственно в 2, 4, 8, 16 раз меньше частоты входного сигнала. Таким образом, период работы счетчика равен 16 входным импульсам.

Микросхема К155ИЕ2 (рис. 13) также содержит четыре счетных триггера, однако благодаря использованию внутренних обратных связей коэффициент пересчета равен 10. С помощью входов &R0 микросхему устанавливают в состояние, при котором на всех выходах напряжение низкого уровня; с помощью входов &R9 микросхему устанавливают в состояние, соответствующее числу 9 в двоичном коде (напряжение высокого уровня на выходах 1 и 8). Триггеры счетчика переключаются срезом импульса.

Чтобы преобразовать двоичный код, в котором представлены выходные сигналы микросхемы К155ИЕ5, в так называемый позиционный код, используются дешифраторы. На рис. 14 представлен интегральный дешифратор К155ИД3, осуществляющий такое преобразование. Входы W0 и W1 являются разрешающими. При наличии на них напряжения низкого уровня на одном из выходов дешифратора 0—15 также содержится напряжение низкого уровня, причем номер этого выхода является эквивалентом двоичного числа, поданного на входы 1, 2, 4, 8. Так, при подаче кодовой комбинации входных сигналов 0110 в активном состоянии будет выход 6 (вывод 7). При этом на всех остальных выходах будет напряжение высокого уровня. Если же на входы W0, W1 подать напряжение высокого уровня, то такое же напряжение будет на всех выходах дешифратора. Поэтому входы W0, W1 называют разрешающими или стробирующими.

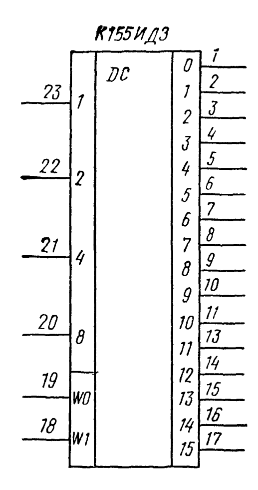


Рис. 14. Интегральный дешифратор К155ИД3

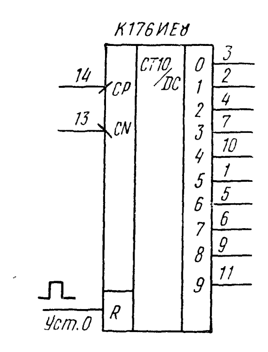


Рис. 15. Счетчик, совмещенный с дешифратором К176ИЕ8

Существуют микросхемы, содержащие в одном корпусе счетчик и дешифратор. Примером является микросхема КМОП К176ИЕ8 (рис. 15). Вход R служит для установки триггеров в исходное состояние, при котором на всех выходах 0—9 имеется напряжение низкого уровня. Входные импульсы можно подавать на один из входов CP или CN. При подаче импульсов на вход CP изменение состояния счетчика происходит по фронту импульсов (при этом на входе CN должно быть напряжение низкого уровня). При подаче же импульсов на вход CN изменение состояния происходит по срезам импульсов (при этом на втором входе CP должно быть напряжение высокого уровня). На активном выходе, номер которого соответствует числу импульсов, поступивших после установки в исходное состояние, имеется напряжение высокого уровня (в отличие от напряжения низкого уровня в К155ИД3).

Особенности работы счетчиков, дешифраторов и микросхем другого функционального назначения будут рассмотрены в каждом конкретном случае отдельно.

Из многих важных параметров микросхем обратим внимание на три из них — входной и выходной токи логического элемента и его максимальное выходное напряжение. Входной ток — это ток, который протекает через входную цепь при соединении входа логического элемента с общим проводом или с проводом питания. В первом случае ток называют вытекающим, и для большинства микросхем серии К155 он составляет 1,6 мА. Во втором случае говорят о втекающем токе, который составляет примерно 40 мкА. Из сказанного следует, что если между входом логического элемента и общим проводом включен резистор, то для обеспечения на входе напряжения низкого уровня (которое для серии К155 не должно превышать 0,4 В) его сопротивление не может быть

больше 0,4 В:0,0016 А, т. е. 250 Ом. Увеличение сопротивления этого резистора сверх указанного значения приведет к установлению на входе потенциала, соответствующего порогу переключения элемента. Такое состояние является неустойчивым. Поэтому увеличивать сопротивление этого резистора не рекомендуется. Для подачи на вход напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако с целью повышения помехоустойчивости целесообразно соединить его с проводом питания через резистор сопротивлением 1 ... 2 кОм. Необходимо заметить, что величина входного вытекающего тока накладывает ограничение и на сопротивления времязадающих резисторов генераторов, выполненных на элементах этой микросхемы, которая не должна превышать 1 кОм. Для микросхем серии К555 входной вытекающий ток в 3—4 раза меньше, поэтому сопротивления резисторов могут быть в 3—4 раза больше. Для микросхем КМОП (К176, К561) входной вытекающий ток составляет примерно 0,2 мкА, исходя из этого следует рассчитывать и сопротивления резисторов.

Выходной ток логического элемента также может быть втекающим и вытекающим. Первый имеет место в случае подключения нагрузки между выходом и шиной питания, причем на выходе имеется напряжение низкого уровня. Значение этого тока для большинства элементов ТТЛ, у которых выходной каскад имеет внутреннюю нагрузку, составляет 16 мА. Для элементов с открытым коллектором значение этого тока значительно выше — так, для элементов микросхемы К155ЛЛ2 допускается выходной ток 300 мА. Вытекающий ток логического элемента — это ток в цепи нагрузки, включенной между выходом и общим проводом, причем на выходе имеется напряжение высокого уровня. Значение этого тока для большинства микросхем ТТЛ составляет 0,2 ... 0,4 мА. Для увеличения выходного тока можно соединять параллельно несколько однотипных логических элементов, при этом объединяют входы и выходы элементов (см. схему логического пробника, рис. 9, *б*).

Максимальное выходное напряжение — это напряжение, которое может быть приложено к выходу логического элемента без повреждения последнего. Для большинства логических элементов ТТЛ оно не превышает напряжения питания, но для некоторых элементов с открытым коллекторным выходом оно значительно больше: 12 В для К155ЛА11, 15 В для К155ЛН5, 30 В для К155ЛА18, К155ЛИ5, К155ЛЛ2, К155ЛН3, К155ЛП9.

Высокое допустимое выходное напряжение в сочетании с большим выходным током позволяет непосредственно подключать к выходам микросхем электромагнитные реле, элементы индикации.

Приведем несколько советов по монтажу интегральных микросхем.

1. Во время пайки нельзя перегревать корпус микросхемы. Для этого следует использовать припой с температурой плавления не более 260° С, мощность паяльника не должна превышать 40 Вт, длительность пайки одного вывода — не более 5 с, а промежуток времени между пайками выводов одной микросхемы должен быть не менее полминуты. Если ведется монтаж нескольких микросхем, то сначала паяют первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй и т. д., затем второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй

и т. д. Благодаря такому приему микросхемы успевают остывать в промежуток между пайками.

Микросхемы КМОП могут быть выведены из строя разрядом статического электричества, основным источником которого является человек. Чтобы этого не случилось, жало паяльника и руки радиомонтажника необходимо заземлять.

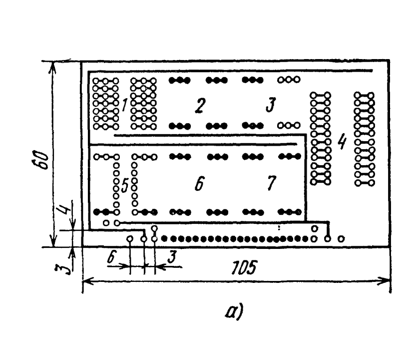
2. Монтаж микросхемы может быть выполнен печатным способом, проводами или комбинированным способом.

При пайке проводами удобно использовать многожильный провод в тугоплавкой изоляции типа МГТФ 0,07 ... 0,12 мм² или одножильный луженый провод 0,25 ... 0,35 мм² также в тугоплавкой изоляции. Сначала на вывод микросхемы наматывают 1—1,5 витка провода, а затем производят пайку. Этот способ хорош тем, что позволяет неоднократно производить перепайки проводов, а такая необходимость может возникнуть в процессе наладки устройства.

Печатный монтаж микросхем следует применять тогда, когда есть уверенность, что схема работоспособна, а также при изготовлении нескольких одинаковых устройств на одинаковых платах. Печатные платы могут иметь одно- и двустороннее расположение печатных проводников. Для большинства устройств в книге приведены рисунки печатных плат.

При комбинированном способе монтажа микросхемы припаивают к контактным площадкам, а в другие отверстия контактных площадок впаивают проволочные проводники. На рис. 16 показаны чертежи двух печатных плат для комбинированного монтажа микросхем (платы № 1 и № 2, в дальнейшем мы будем на них ссылаться). На платах можно установить микросхемы с 14, 16 и 24 выводами.

Утолщенными линиями обозначены шины для подачи питания на микросхемы. На платах имеются также отверстия для установки вилки соединителя



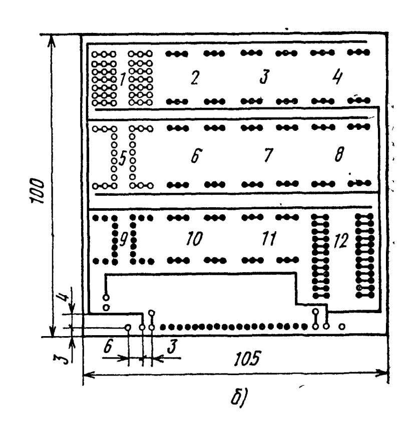


Рис. 16. Универсальные печатные платы для монтажа логических интегральных микросхем:

а — плата № 1 (можно установить 7 корпусов); *б* — плата № 2 (можно установить 12 корпусов)

МРН-22 с целью подключения элементов платы к внешним устройствам. Каждый вывод микросхемы, как видно из рисунка, впаивают в отверстие контактной площадки. В два других отверстия впаивают выводы радиоэлементов или проводники, соединяющие между собой микросхемы.

Целесообразно изготовить три-четыре таких печатных платы и вести на них монтаж различных конструкций.

3. Неиспользуемые выводы микросхем ТТЛ следует объединять в группы по 10 шт. и подключать к плюсовой шине питания через резистор 1 ... 1,5 кОм; неиспользуемые выводы микросхем КМОП можно непосредственно подключать к плюсовой шине.

4. Для улучшения помехозащищенности между шинами питания следует устанавливать конденсаторы типов КМ-6, К10-7, К10-17 емкостью 0,1 ... ... 0,047 мк из расчета один конденсатор на два-три корпуса микросхем. Особое внимание следует уделять обеспечению помехоустойчивости устройств, имеющих в своем составе микросхемы памяти — триггеры, счетчики и т. п.

5. Соединительные провода должны иметь длину не более 20 ... 30 см. Если же требуется передать сигнал на большее расстояние, используют так называемые витые пары. Два провода скручивают вместе, по одному из них подается сигнал, а второй заземляют (соединяют с общим проводом) с обоих концов. Целесообразно также оба конца сигнального провода подключить к плюсовой шине через резисторы 1 кОм (для ТТЛ-микросхем) или 100 кОм (для КМОП-микросхем). Длина проводов витой пары может достигать 1,5 ... ... 2 м.

О МЕРАХ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И НАЛАДКЕ УСТРОЙСТВ

Радиолюбителям, занимающимся конструированием различных электронных устройств, постоянно приходится иметь дело с электрическим током. Неосторожное обращение с током в процессе изготовления, наладки и эксплуатации устройств может привести к печальным последствиям, поэтому необходимо тщательно выполнять несложные правила техники безопасности.

Безопасным для человека считается напряжение, не превышающее 36 В. Разумеется, речь идет о нормальных условиях — сухое помещение, чистая и сухая кожа. Поскольку при питании устройств от гальванических элементов и батарей значения напряжений ниже, следует соблюдать безопасность при работе с устройствами, имеющими сетевое питание.

Значение тока, протекающего через тело человека, зависит от его сопротивления. У всех людей это сопротивление различно. Сопротивление снижается, если руки человека влажные, а также если влажная его одежда. Это необходимо учитывать, прежде чем приступить к работе. Не следует также иметь дело с электрическим током в болезненном или утомленном состоянии — реакция человека снижается и вероятность несчастного случая увеличивается.

При попадании человека под напряжение электрический ток обычно протекает от одной руки к другой, а также от руки к ноге. Поэтому не следует одновременно двумя руками прикасаться к элементам устройства, а также держаться рукой за трубу отопления или водопровода; под ноги на рабочем месте желательно подкладывать резиновый коврик, являющийся изолятором.

Жало паяльника следует заземлять — это обеспечит безопасность работы при нарушении изоляции паяльника и появлении на корпусе фазного напряжения (в этом случае сработают предохранители и сеть будет обесточена). Предохранители электросети (плавкие вставки или электромеханические «пробки») должны быть исправными.

Замену элементов налаживаемой конструкции следует производить только в обесточенном состоянии. Если в устройстве имеются высоковольтные конденсаторы, их необходимо разрядить (вообще при проектировании устройства надо предусматривать разрядку таких конденсаторов после отключения напряжения питания). Если необходимо измерить напряжение на элементах, то один шуп вольтметра следует подключить к требуемой точке при обесточенном устройстве (например, с помощью лабораторного зажима типа «крокодил»); после включения устройства в сеть вторым шупом прикасаются к выводу элемента. При этом не следует пользоваться щупом, имеющим неизолированную часть (спицу) значительной длины — в этом случае можно надеть отрезок изоляционной трубки, оставив неизолированный конец длиной 2 ... 3 мм. Измерение лучше выполнять одной рукой.

Некоторые радиолюбители проверяют наличие напряжения на зажимах с помощью языка. Так делать ни в коем случае нельзя, даже если известно, что напряжение не превышает 5 ... 7 В. Говорят, что незаряженное ружье один раз в год стреляет; также и на этих зажимах может оказаться значительное напряжение.

В последнее время радиолюбители собирают приборы на транзисторах и микросхемах, питание которых осуществляется безопасным напряжением. Как правило, такие устройства питаются от сети через понижающий трансформатор. В этом случае опасное напряжение имеется на выводах первичной обмотки трансформатора, выключателя питания и патроне предохранителя (применение их обязательно). Монтаж этой части прибора, связанной с сетью, следует выполнять особенно тщательно, все соединения нужно изолировать поливинилхлоридной трубкой, лакотканью или изоляционной лентой.

Если устройство не содержит трансформатор, то все элементы имеют гальваническую связь с сетью. При настройке и эксплуатации такого устройства следует соблюдать особую осторожность. В процессе налаживания устройства желательно питать его через разделительный трансформатор, у которого первичная и вторичная обмотки рассчитаны на напряжение сети. Плату и элементы устройства необходимо тщательно изолировать от корпуса, а сам корпус лучше выполнять из непроводящего материала. Изнутри корпус желательно выложить асбестовыми пластинами. Ручки переменных резисторов, колпачки переключателей, другие элементы управления следует выполнять из изоляционного материала.

Прежде чем включать прибор в сеть, подключите омметр к выводам сетевой вилки и убедитесь в отсутствии короткого замыкания.

При работе начинающего радиолюбителя с электронными устройствами желательно, чтобы в этом помещении находился второй человек, который в случае необходимости может отключить напряжение и оказать помощь.

Таковы основные правила техники безопасности при работе с электроустановками, которых необходимо придерживаться каждому радиолюбителю.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИГРЫ

Электронный кубик

Всем знакомы игры, в которых перед началом хода требуется бросать небольшой пластмассовый кубик, на шести гранях которого нанесено от одной до шести точек (очков). Бросая по очереди кубик, играющие суммируют очки: кто больше набрал, тот и выиграл.

Можно изготовить электронное устройство, заменяющее такой кубик. На передней панели устройства должны быть шесть светодиодов, кнопка и тумблер включения. Стоит нажать кнопку — и количество светящихся светодиодов покажет число набранных в очередном туре очков.

Принципиальная схема электронного кубика представлена на рис. 17, *а*. На трех логических элементах 2И-НЕ микросхемы DD1 собран генератор, а на шести D-триггерах (микросхемы DD2—DD4) — кольцевой счетчик.

Как работает генератор? Он представляет собой трехкаскадный усилитель, охваченный положительной обратной связью через конденсатор C1 и отрицательной — через резистор R1. При наличии таких связей в усилителе возникают автоколебания, частота которых определяется произведением R1C1. При этом контакты кнопки SB1 должны быть разомкнуты. Запомните эту схему — в дальнейшем она будет использоваться во многих устройствах.

Рассмотрим работу счетчика. Как видно из схемы, все синхронизирующие входы D-триггеров соединены между собой, а вход D последующего триггера соединен с прямым выходом предыдущего D-триггера. Вход же D первого триггера (DD2.1) соединен с инверсным выходом последнего триггера (DD4.2). Работу цепи триггеров (ее еще называют кольцевым триггерным счетчиком) удобно проанализировать по таблице истинности (табл. 2). Выходы Q1—Q6 — это прямые выходы триггеров. Допустим, в исходный момент все триггеры находятся в нулевом состоянии. Тогда на входе D первого триггера — напряжение высокого уровня, поступающее с инверсного выхода шестого триггера. После поступления первого импульса триггер DD2.1 переключается в единичное состояние, и с его прямого выхода напряжение высокого уровня поступает на вход D триггера DD2.2. Поэтому после поступления импульса № 2 второй триггер переключается в единичное состояние. По мере поступления на входы C шести импульсов все триггеры переключаются в единичное состояние. При этом

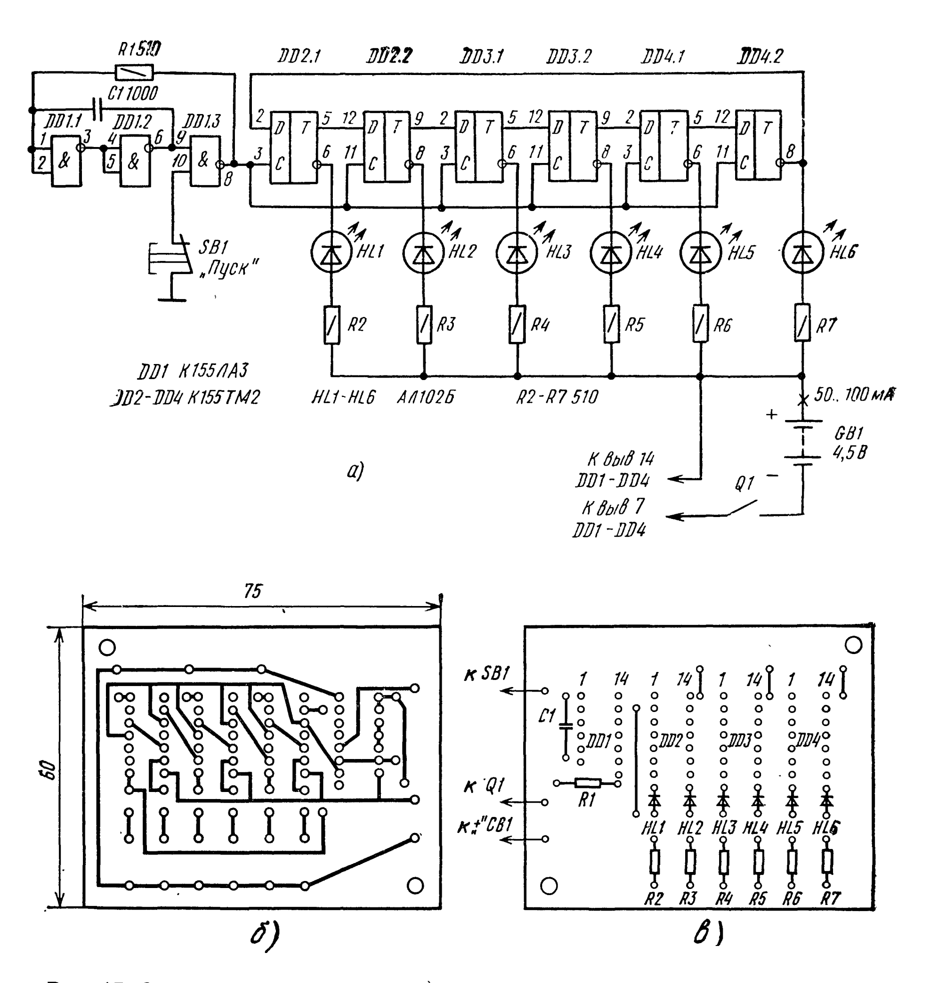


Рис. 17. Электронный кубик:
а — принципиальная схема; *б* — расположение печатных проводников; *в* — расположение деталей на плате

светятся все светодиоды, подключенные к инверсным выходам триггеров. На вход D первого триггера теперь подано напряжение низкого уровня, и при подаче последующих шести импульсов триггеры последовательно переключаются в нулевое состояние. Из табл. 2 видно, что период работы кольцевого счетчика равен 12 тактам.

При нажатии кнопки SB1 «Пуск» импульсы частотой 1 ... 2 МГц с генератора поступают на вход кольцевого счетчика. Последний за время удержания кнопки (1 ... 2 с) многократно переполняется, поэтому после отпускания кнопки

Таблица 2

Номер импульса	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0

состояния триггеров DD2.1—DD4.2, отображаемые горящими светодиодами HL1—HL6, практически случайны. Сколько светодиодов зажглось, столько очков и записывают в актив игроку.

Питаются микросхемы от батареи GB1, потребляя ток 50 ... 100 мА.

Все элементы устройства, кроме SB1, Q1 и GB1, расположены на печатной плате (рис. 17, *б*, *в*). Выключатель питания Q1 (он может быть типов П2Т, МТ1, П2К) и кнопка SB1 (она может быть типов КМ1, МП1 или любого другого типа) расположены на верхней крышке. Здесь же просверлены отверстия для светодиодов HL1—HL6. Плата с деталями крепится с помощью винтов с ограничивающими втулками. Батарея GB1 может быть типа 3336 «Рубин»; светодиоды HL1—HL6 — типов АЛ102, АЛ307, АЛ310 с любыми буквенными индексами; конденсатор C1 — типов КЛС, КМ-5, К10-7в, К10-23; резисторы — типа МЛТ-0,25.

Электронный кубик в налаживании не нуждается.

Начинающие радиолюбители могут «увидеть», как переключаются триггеры при поступлении импульсов генератора. Для этого параллельно конденсатору C1 необходимо подключить оксидный конденсатор емкостью 200 ... 500 мкФ на напряжение 6 ... 10 В отрицательной обкладкой к выводам 1, 2 логического элемента DD1.1. При этом частота генератора уменьшится до 0,5 ... 2 Гц, и по зажиганию соответствующих светодиодов можно проследить последовательность переключения триггеров. Разумеется, кнопка SB1 должна быть постоянно нажата.

«Кто выше?»

Когда собираются гости, перед хозяином встает задача — чем их занять? Ниже описано несложное устройство, которое позволяет хорошо размяться и в какой-то степени оценить свои физические способности.

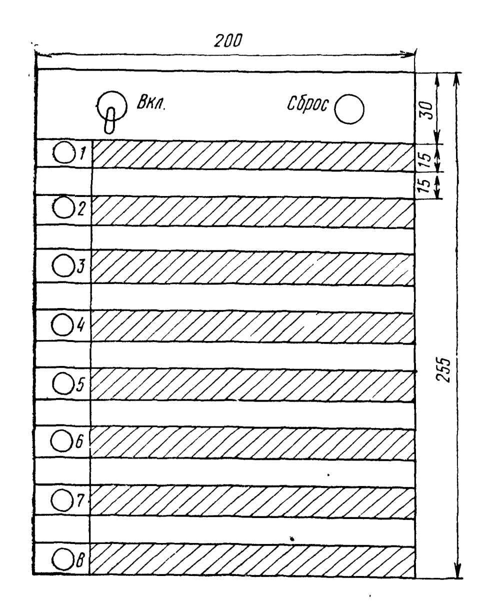


Рис. 18. Расположение сенсорных контактов устройства «Кто выше?»

Устройство дает возможность определить лучшего прыгуна. За отметку высоты принимают, например, ветки деревьев. Подпрыгнул, коснулся ветки — значит, преодолел нужную высоту. С помощью предлагаемого прибора можно более объективно оценивать лидера и устраивать такие состязания не только там, где есть деревья, но и в любом другом месте.

Датчиком высоты служит плата из фольгированного стеклотекстолита, на которой расположены восемь изолированных друг от друга медных площадок (рис. 18). Плату располагают на определенной высоте. Прикосновение пальцев руки к площадкам вызывает срабатывние соответствующих реле, которые фиксируют достигнутую высоту.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 19. Он состоит из восьми одинаковых блоков A1—A8. Каждый блок представляет собой емкостное реле, т. е. устройство, срабатывающее при прикосновении человека к сенсорному контакту (на схеме контакты обозначены E1—E8). Каждый блок выполнен на двух транзисторах и тринисторе и представляет собой усилитель. Поскольку тело человека обладает определенной емкостью, оно имеет некоторый электрический заряд, а следовательно, и разность потенциалов между любыми двумя точками тела. Поэтому при прикосновении руки к сенсорному контакту, допустим, блока A1, на базе транзистора VT1 относительно общего провода появляется напряжение. Транзисторы VT1, VT2 открываются и через управляющий электрод тринистора VS1 начинает протекать ток. Это вызывает открывание тринистора и срабатывание электромагнитного реле K1. Своими контактами K1.1 реле включает лампу HL1 и снимает питание с блоков A2—A8. Если теперь дотронуться до контактов E2—E8, то соответствующие реле не сработают. Таким образом, лампа HL1 зафиксирует наибольшую высоту.

А если подпрыгнуть и провести пальцами снизу вверх по сенсорам? Тогда первым сработает реле K8, зажжется лампа HL8. Затем сработает реле K7, зажжется лампа HL7, а реле K8 отпустит и лампа HL8 погаснет. Затем сработает реле K6, обесточив все предыдущие реле, и т. д. Таким образом, и в этом случае будет гореть только одна лампа, соответствующая наибольшей достигнутой высоте.

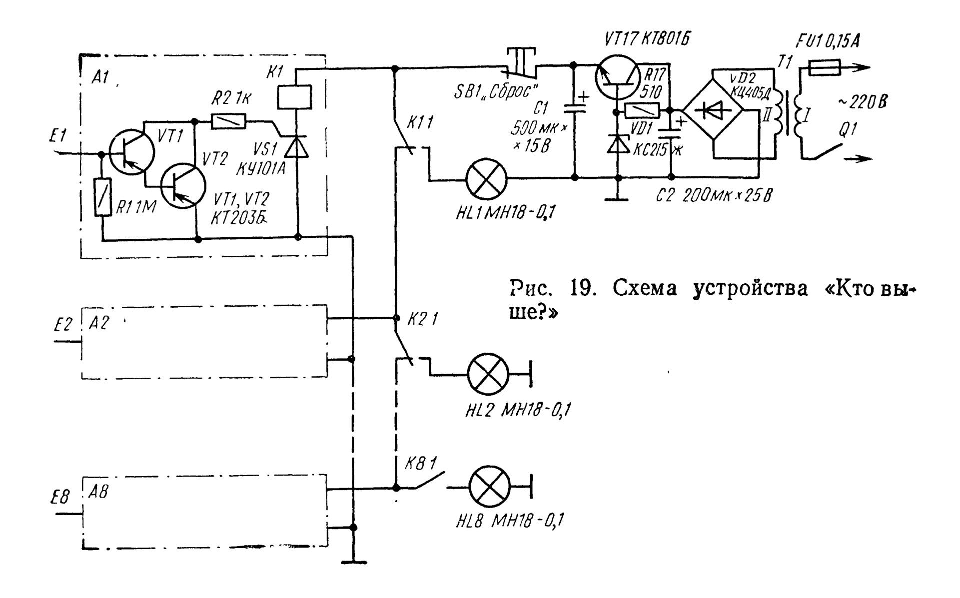


Рис. 19. Схема устройства «Кто выше?»

Чтобы возвратить устройство в исходное состояние, необходимо кратковременно нажать кнопку SB1 «Сброс».

Устройство питается от стабилизированного выпрямителя (стабилитрон VD1 и транзистор VT17).

Транзисторы КТ203Б можно заменить на КТ361, КТ502, КТ3107 с любыми буквами; КТ801Б — на КТ815, КТ807 с любыми буквами. Тринисторы — любые из серии КУ101. Мостовой выпрямитель VD2 — типов КЦ402, КЦ405 с любыми буквами или четыре диода Д226, Д310. Реле К1—К8 — типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) или РЭС-10 (паспорт РС4.524.302). Трансформатор Т1 — типа ТВК-70, ТВК-110Л-1 или любой другой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 12 ... 15 В и ток не менее 200 мА.

Устройство собрано в корпусе размерами 255×200×80 мм. Передняя стенка корпуса представляет собой плату с сенсорными контактами (см. рис. 18). Излишки фольги удалены с помощью ножа. В верхней части передней стенки установлены выключатель питания Q1 и кнопка SB1 «Сброс», а слева — лампы HL1—HL8. В этом же корпусе находится и печатная плата, на которой смонтированы элементы устройства. Сенсорные контакты должны соединяться с печатной платой возможно более короткими проводами (10 ... 20 см).

Устройство, собранное из исправных деталей и без ошибок, в налаживании не нуждается. При пользовании прибором необходимо лишь подбирать такую полярность подключения первичной обмотки трансформатора Т1 к сети, при которой обеспечивается надежное срабатывание реле.

Игровое устройство «Рулетка»

В популярной телевизионной игре «Что? Где? Когда?» для определения очередного тура конкурса используют механический волчок, или рулетку. Раскручивают волчок до большой скорости и дают ему возможность свободно вращаться. Положение стрелки волчка после остановки укажет на адрес очередного вопроса или на музыкальную паузу.

Такое устройство можно сделать и электронным. На рис. 20 приведена его принципиальная схема. Схема генератора несколько отличается от использовавшейся в электронном кубике. Во-первых, транзистор VT1 повышает входное сопротивление логического элемента DD1.1, что позволяет применить конденсатор C1 сравнительно небольшой емкости. Во-вторых, частота генератора зависит от напряжения на базе транзистора VT2: чем больше это напряжение, тем больше и частота.

Нарастающее или убывающее напряжение формируется узлом, собранным на резисторах R3—R7, конденсаторе C2 и кнопке SB1. В исходном состоянии контактов кнопки, показанном на схеме, напряжение на конденсаторе C2 составляет примерно 1 В. При этом транзистор VT2 закрыт, его внутреннее со-

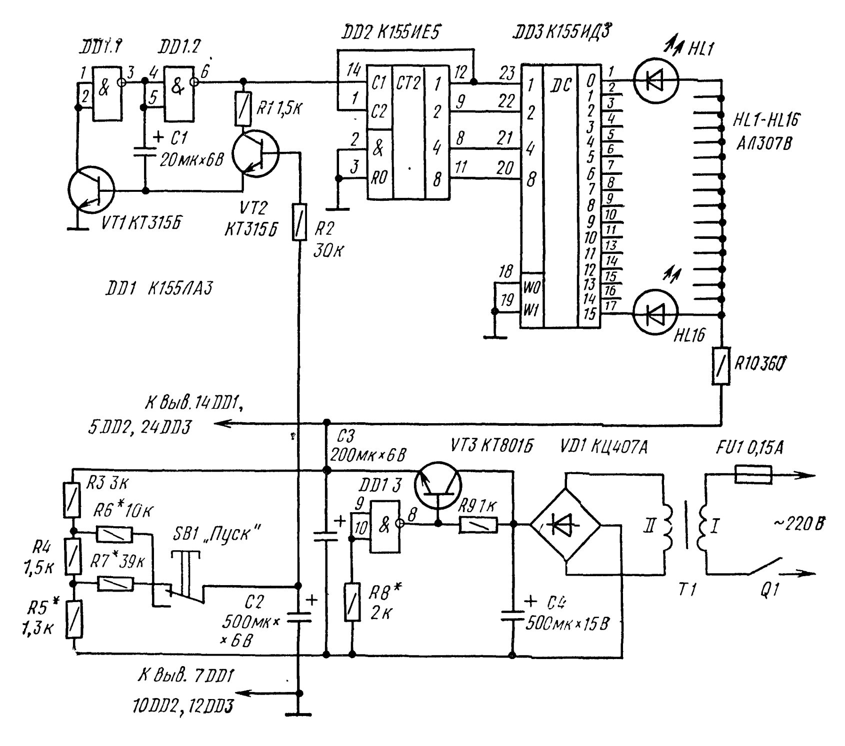


Рис. 20. Схема игрового устройства «Рулетка»

противление велико и генератор не работает. Счетчик DD2 находится в произвольном состоянии, и светится один из светодиодов HL1—HL16. При нажатии кнопки SB1 «Пуск» конденсатор C2 начинает заряжаться. Ток базы транзистора VT2 плавно увеличивается, внутреннее сопротивление транзистора уменьшается, и начинает работать генератор, причем частота его импульсов постепенно увеличивается. Светодиоды HL1—HL16 расположены по окружности, поэтому создается впечатление кругового движения горящей точки (светится только один светодиод).

Когда конденсатор C2 зарядится до максимального напряжения, определяемого сопротивлением резисторов делителя, частота импульсов генератора станет максимальной. Теперь кнопку SB1 можно отпустить. Начнется разрядка конденсатора C2, и частота генератора будет плавно уменьшаться. Через некоторое время внутреннее сопротивление транзистора VT2 увеличится настолько, что генератор остановится и будет гореть один из светодиодов HL1—HL16. Какой именно светодиод — заранее узнать невозможно. Именно эта особенность и позволяет использовать устройство в различных играх. Например, около каждого светодиода можно написать числа от 1 до 16 и соревноваться, кто больше очков наберет, скажем, за пять ходов (играют поочередно несколько участников). Если же каждому числу будет соответствовать какое-либо задание, которое должен выполнить участник, то с помощью рулетки можно проводить интересные конкурсы, викторины.

Устройство собрано в круглом корпусе диаметром 300 мм. На верхней крышке находятся 16 светодиодов, равномерно размещенных по окружности, и кнопка SB1 «Пуск» (в центре окружности). Выключатель питания Q1 и держатель предохранителя FU1 расположены на нижней крышке корпуса в углублении.

В устройстве можно применять следующие радиодетали. Транзисторы VT1, VT2 любые из серий КТ312, КТ315, КТ342, КТ3117; VT3 — типов КТ801, КТ807, КТ815 с любыми буквами. Светодиоды HL1—HL16 могут быть типов АЛ102; АЛ307; АЛ310 с любыми буквами. Вместо них можно применять также миниатюрные лампы накаливания НСМ6,3-20, но при этом вместо резистора R10 следует поставить перемычку и включить резисторы сопротивлением 510... ...680 Ом между выходами дешифратора DD3 и общим проводом (это уменьшит бросок тока при включении ламп накаливания, поскольку нити ламп все время будут разогреты небольшим током, протекающим через резисторы). Конденсаторы C1—C4 — типов К50-6, К50-12, К50-3. Резисторы — типа МЛТ-0,25. Кнопка SB1 — типа КМ1-1, П2К, выключатель питания — тумблер (МТ1, П1Т-1-1, Т1, Т2 и др.). Трансформатор Т1 — любой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 8 ... 12 В и ток не менее 200 мА (подойдут, например, без переделки трансформаторы типов ТВК-70Л2, ТВК-110ЛМ, ТВК-110Л2). Транзистор VT3 установлен на небольшом уголке площадью 15 ... 20 см^2 — он служит радиатором.

При налаживании, прежде всего отключив от стабилизатора цепи питания микросхем, с помощью резистора R8 устанавливают на эмиттере VT3 напряжение 5 В. Затем восстанавливают цепи питания микросхем. Нажимают на

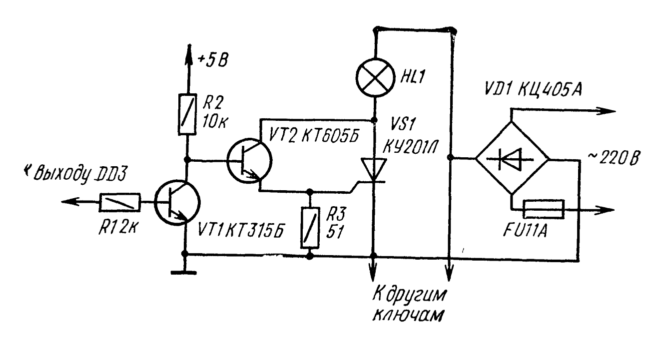


Рис. 21. Схема бесконтактного ключа для выносного табло «Рулетки»

кнопку SB1 «Пуск» и подбором резистора R6 устанавливают требуемую скорость «разгона» (т. е. скорость нарастания частоты генератора). Затем кнопку SB1 отпускают, резистор R7 закорачивают, резистор R5 временно заменяют переменным такого же номинала и, уменьшая его сопротивление, добиваются срыва колебаний генератора. После этого снимают перемычку с резистора R7, нажатием кнопки SB1 «Пуск» вновь «разгоняют» генератор, кнопку отпускают и подбором резистора R7 устанавливают требуемую скорость остановки. На этом налаживание можно считать законченным.

При использовании устройства в большом зале размеры его могут оказаться недостаточными. В этом случае целесообразно изготовить выносное табло размером 1 ... 1,5 м с лампами на напряжение сети и мощностью 40 ... 60 Вт. Для коммутации ламп применяют бесконтактные ключи на тринисторах (рис. 21). При подаче напряжения низкого уровня на вход ключа транзистор VT1 закрыт, а транзистор VT2 и тринистор VS1 открыты, лампа HL1 светится.

При использовании выносного табло светодиоды HL1—HL16 можно не отключать от выходов дешифратора.

Генератор случайных чисел

По принципу действия это устройство аналогично описанному выше, но оно выдает случайные числа в виде цифр, высвечиваемых цифровым индикатором. Принципиальная схема генератора случайных чисел приведена на рис. 22. Устройство выполнено на двух микросхемах серии К176.

Названная серия отличается от уже знакомой нам серии К155 тем, что выполнена на полевых транзисторах. Поэтому микросхемы этой серии потребляют очень малую мощность. Так, для используемых в описываемом ниже генераторе случайных чисел микросхем К176ЛА7 и К176ИЕ8 ток потребления (в статическом режиме) не превышает 0,1 и 100 мкА соответственно. Кроме того, логические элементы, входящие в состав микросхем, имеют высокое входное сопротивление (несколько мегаом), что также является их достоинством (в этом вы убедитесь ниже).

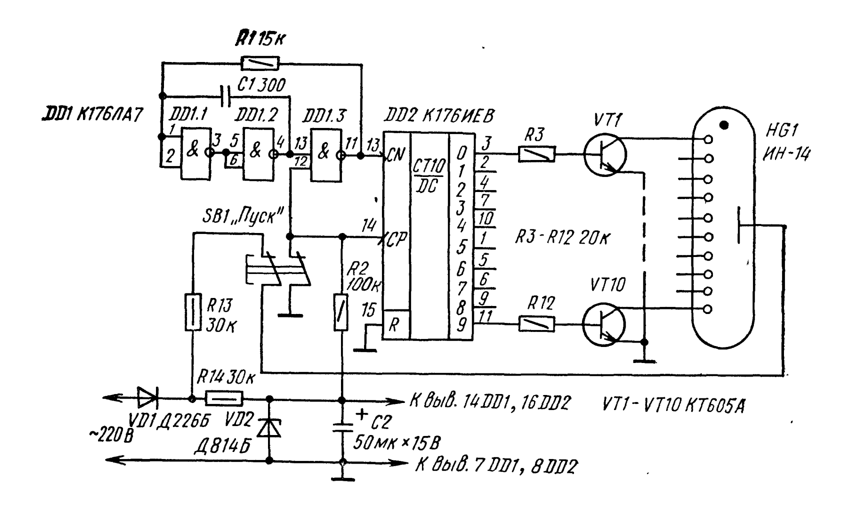


Рис. 22. Схема генератора случайных чисел

На микросхеме DD1 собран генератор, а на микросхеме DD2 — счетчик с дешифратором. Микросхема К176ИЕ8 представляет собой десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором. Напомним, как работает микросхема. Вход R служит для установки исходного состояния (для этого на него необходимо кратковременно подать напряжение высокого уровня), а вход CP — для подачи счетных импульсов положительной полярности (в данном случае на него подано напряжение высокого логического уровня). Микросхема имеет также вход CN для подачи импульсов отрицательной полярности. В процессе счета на выходах микросхемы последовательно появляется напряжение высокого уровня, которое через резисторы R3—R12 подается на базы высоковольтных транзисторов VT1—VT10. Последние управляют цифровым газоразрядным индикатором HG1. Поскольку за время удержания кнопки SB1 счетчик многократно переполнялся, высвечиваемое индикатором число будет практически случайным.

Контакты кнопки SB1 отключают питание индикатора на время нажатия кнопки, чтобы исключить мерцание цифр.

Питание генератора чисел осуществляется от простейшего однополупериодного выпрямителя с параметрическим стабилизатором и фильтром VD1VD2C2. Резистор R2 необходим для подачи напряжения высокого уровня на вывод 12 микросхемы DD1.

Генератор случайных чисел собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 23).

В налаживании устройство не нуждается.

При работе с генератором случайных чисел необходимо соблюдать меры безопасности, поскольку все элементы устройства имеют гальваническую связь с сетью.

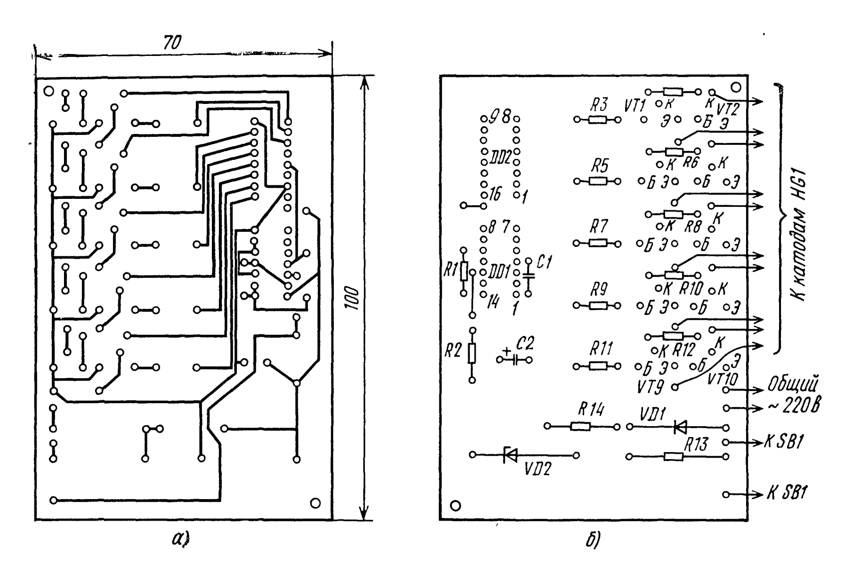


Рис. 23. Монтажная плата и схемы размещения на ней печатных проводников (*а*) и деталей (*б*)

Прибор можно использовать для иллюстрации некоторых вопросов теории вероятностей и математической статистики, при проведении различного рода экспериментов, а также в ряде игр.

УСТРОЙСТВА БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сторожевые устройства

Для защиты дачного участка от непрошенных гостей, для ограждения опасных объектов можно использовать сторожевое устройство.

Схема такого устройства (первый вариант) показана на рис. 24. Объект, нуждающийся в охране, окружают по периметру медным обмоточным проводом диаметром 0,1 ... 0,3 мм. Этот охранный шлейф может быть прикреплен к забору или к вбитым в землю колышкам. Концы шлейфа подключают к электронному автомату через гнезда XS1. Пока шлейф не поврежден, через его небольшое сопротивление база транзистора VT1 соединена с эмиттером. В это время транзистор и тринистор VS1 закрыты, потребляемый устройством ток (около 100 мкА) определяется в основном сопротивлением резистора R1 и начальным током коллектора транзистора. При обрыве шлейфа на базу транзистора через резистор R1 подается отрицательное напряжение смещения, которое открывает транзистор. Через открывшийся транзистор и резистор R3 поступает положительное напряжение на управляющий электрод тринистора VS1.

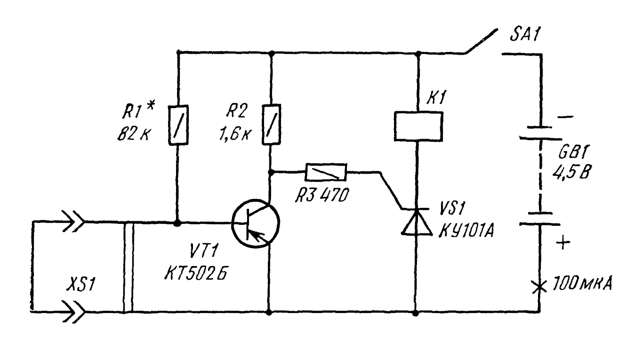


Рис. 24. Схема сторожевого устройства (первый вариант)

Тринистор при этом открывается, срабатывает электромагнитное реле К1 и своими контактами (на схеме не показаны) включает звуковой сигнализатор, например электрический звонок. После устранения обрыва провода автомат устанавливают в исходное состояние (дежурный режим) кратковременным выключением питания (SA1).

В устройстве можно применить транзистор из серий КТ203, КТ361, КТ502 со статическим коэффициентом передачи тока не менее 50. Тринистор может быть любым из серии КУ101. Электромагнитное реле К1 — типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.304); батарея питания — 3336Л.

Налаживание устройства сводится к подбору резистора R1. Его сопротивление должно быть таким, чтобы при отключении шлейфа транзистор VT1 полностью открывался (напряжение между эмиттером и коллектором не более 0,5 В) и срабатывало реле, а при подключенном шлейфе транзистор был бы надежно закрыт. Сопротивление резистора зависит от статического коэффициента передачи тока используемого транзистора и сопротивления провода шлейфа: чем они больше, тем больше может быть сопротивление резистора R1 и, следовательно, выше экономичность устройства.

На рис. 25, *а* приведена схема второго варианта сторожевого устройства, которое обладает еще большей экономичностью: потребляемый в дежурном режиме ток не превышает 10 мкА, т. е. срок службы батареи питания определяется в основном ее саморазрядом. Это оказалось возможным благодаря применению высокоэкономичной микросхемы серии К176.

Работа этого сторожевого устройства, как и предыдущего, основана на выдаче тревожного сигнала при обрыве провода, которым окружают охраняемый объект. Этот охранный шлейф через двухконтактное гнездо XS1 включен между общим проводом питания и одним из входов логического элемента DD1.1. Вместе с логическим элементом DD1.2, резистором R2 и конденсатором С1 он образует генератор импульсов с частотой 2...3 Гц, а на элементах DD1.3, DD1.4, R3 и С2 собран генератор импульсов звуковой частоты (около 800 Гц). Транзистор VT1 выполняет роль усилителя мощности.

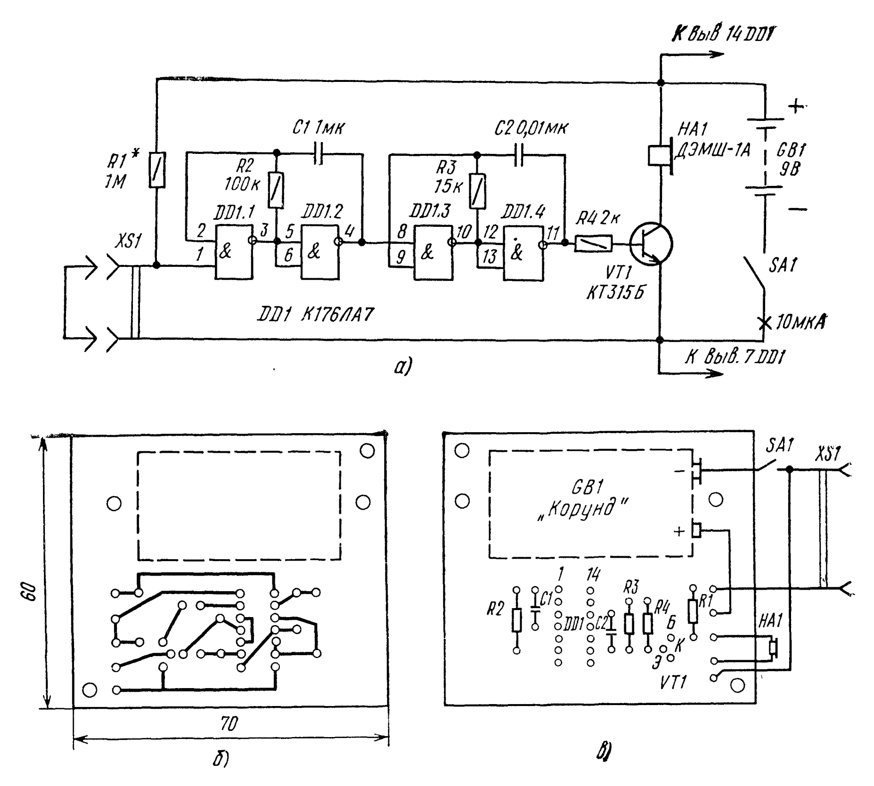


Рис. 25. Сторожевое устройство (второй вариант):

а — принципиальная схема; *б* — расположение печатных проводников; *в* — расположение деталей на плате

Пока шлейф не поврежден, генераторы не работают, так как на выводе 1 микросхемы присутствует напряжение низкого уровня. При обрыве охранного шлейфа начинают работать оба генератора и в телефоне HA1 слышны прерывистые звуковые сигналы. В этом режиме устройство потребляет от батареи ток около 5 мА.

Транзистор VT1 может быть любым из серий КТ312, КТ315, КТ3117, КТ503; конденсаторы С1, С2 — типа КМ-6 или К10-23; резисторы — МЛТ-0,25. В качестве звукового излучателя применен микрофонный капсюль ДЭМШ-1А с сопротивлением обмотки постоянному току 180 Ом. Можно использовать и другие звуковые излучатели, имеющие достаточную громкость и сопротивление не менее 100 Ом. Выключатель питания SA1 — типа «тумблер» (ТП1-2, МТ1-1 и др.). Батарея GB1 — «Крона-ВЦ» или «Корунд».

Все детали сторожевого устройства, кроме выключателя SA1 и звукового излучателя HA1, смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 25, *б*, *в*). Батарея GB1 укреплена с помощью хомутика из

жести. Плату можно поместить в любой корпус, например в пластмассовую мыльницу.

Если устройство собрано из исправных деталей и в монтаже нет ошибок, то оно начнет работать сразу. Однако может оказаться, что при обрыве провода звуковой сигнал не подается. Это может быть в том случае, если длина провода шлейфа велика и он плохо изолирован от различных токопроводящих предметов (влажного дерева, земли и пр.). При этом следует уменьшить сопротивление резистора R1; однако необходимо помнить, что чем меньше сопротивление этого резистора, тем хуже экономичность устройства.

Рассмотренные выше сторожевые устройства удобно применять для охраны объектов, где нет постоянного движения, приводящего к периодическому замыканию и размыканию защитных контактов. Именно это имеет место в квартирах. Поэтому для охраны квартир и других аналогичных обьектов с периодическим открыванием и закрыванием двери специально было разработано устройство охранной сигнализации, схема которого представлена на рис. 26 (третий вариант). Рассмотрим работу такого устройства.

Контакты охранного датчика обозначены на схеме SA1. При закрытой двери эти контакты замкнуты, при открытой — разомкнуты. Выключатель SA2 определяет режим работы устройства: «Блокировка» или «Охрана». В режиме «Блокировка», когда контакты выключателя SA2 замкнуты, тревожный сигнал устройства не зазвучит независимо от положения контактов датчика SA1. В этом режиме устройство находится, когда хозяева в квартире, и приходится часто открывать дверь (хотя на ночь устройство можно переключать в режим охраны).

Допустим, что на элементы устройства подано питание, контакты датчика SA1, и выключателя SA2 находятся в показанном на схеме положении. На выводе 11 микросхемы DD1, который является выходом RS-триггера, выполненного на логических элементах DD1.2, DD1.3, в этом случае действует напряжение низкого уровня. На логических элементах DD2.3, DD2.4 собран генератор частотой около 1 Гц для формирования прерывистого тревожного сигнала, а на логических элементах микросхемы DD3 — генератор звукового сигнала. Оба генератора заторможены, поскольку на выходе логического элемента DD2.2 — напряжение низкого уровня.

Если в таком режиме (режиме блокировки) разомкнуть контакты датчика SA1, то состояние RS-триггера не изменится, так как на выводе 2 логического элемента DD1.1 действует по-прежнему напряжение низкого уровня.

При уходе из помещения контакты выключателя SA2 размыкают — устройство переводится в режим охраны. При этом начинается зарядка конденсатора C1 через резистор R2. Пока конденсатор не зарядится до напряжения, равного напряжению переключения логического элемента DD1.1 по выводу 2, можно открывать дверь, размыкая контакты датчика SA1—RS-триггер не изменит своего состояния. Длительность задержки выбрана равной 15...20 с — за это время нужно выйти из помещения и закрыть дверь, возвратив контакты датчика SA1 в исходное состояние. Когда конденсатор C1 зарядится до нужного напряжения, устройство перейдет в режим охраны. Если теперь открыть дверь,

Рис. 26. Сторожевое устройство (третий вариант)

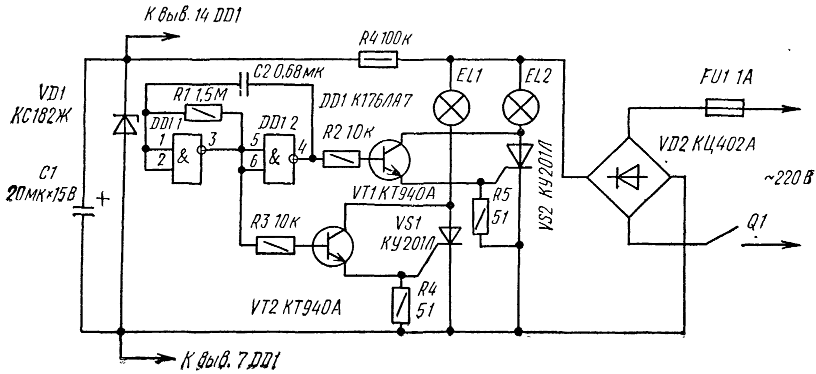


Рис. 27. Простейший переключатель двух гирлянд

то размыкание контактов датчика SA1 вызовет появление на выводе 1 логического элемента DD1.1 напряжения высокого уровня. Поскольку на выводе 2 этого элемента также напряжение высокого уровня, на выходе элемента DD1.1 появится напряжение низкого уровня, что приведет к переключению RS-триггера в противоположное состояние, соответствующее напряжению высокого уровня на выводе 11 логического элемента DD1.2. Возврат контактов датчика в исходное положение не изменит состояния RS-триггера. Если в помещение вошел хозяин, то он возвратит RS-триггер в исходное положение изменением положения контактов SA2, т. е. их замыканием. Если же в помещение проник человек, не знающий о наличии охранной сигнализации, то он только закроет дверь.

Напряжение высокого уровня с вывода 11 элемента DD1.2 через резистор R3 будет заряжать конденсатор C2. Через некоторое время напряжение на конденсаторе C2 достигнет такого значения, которое логический элемент DD2.1 будет воспринимать как напряжение высокого уровня (по выводу 1). Поскольку на выводе 2 этого элемента тоже имеется напряжение высокого уровня, на выходе логического элемента DD2.1 появится напряжение низкого уровня, а на выходе элемента DD2.2 — высокого уровня. Заработают оба генератора, и звуковой излучатель HA1 будет выдавать тревожный прерывистый сигнал. Этот сигнал будет звучать до тех пор, пока не замкнут контакты SA2 (но непрошенный «гость» о них не знает), либо до полного разряда батареи GB1.

Временна́я задержка, обеспечиваемая цепью R3C2, необходима для того, чтобы при входе хозяина в квартиру он успел включить режим блокировки и исключил тем самым возникновение тревожного сигнала.

Для получения максимально возможной мощности в излучателе HA1 при заданном его сопротивлении и при заданном напряжении батареи GB1 использован мостовой усилитель, выполненный на транзисторах VT1—VT4. Частота звукового сигнала, определяемая резисторами R8, R9 и конденсаторами C5, C6, выбрана равной примерно 2 ... 3 кГц для обеспечения наилучшей слышимости.

Светодиод HL1 необходим для визуального контроля напряжения питающей батареи GB1. При нажатии кнопки SB1 параллельно батарее подключается нагрузочный резистор R11. Если под нагрузкой напряжение батареи меньше 5,4 ... 5,6 В, то стабилитрон VD3 не входит в режим стабилизации и светодиод не загорается. Контроль батареи следует проводить каждые 3—4 дня.

О деталях устройства. Микросхемы серии К561 можно попробовать заменить микросхемами серии К176 — как правило, они работают при напряжении 6 В. Конденсаторы C1, C2 — типа К73-17 либо оксидные К53-1, К53-4. Основное требование к ним — малый ток утечки. Конденсаторы C3, C5, C6 — типов КМ-6, К10-7В, К73-17; C4 — К50-6, К50-16, К50-12, К50-24. Транзисторы VT1—VT4 могут быть типов КТ814, КТ815 либо соответственно КТ816, КТ817 с любыми буквами. Коэффициент передачи тока их должен быть не менее 60 ... 70. Диоды VD1, VD2 — типов КД521, КД522, КД509, КД510, КД102 с любыми буквами. Датчик SA1 — любой нормально замкнутый контакт, например от реле РСМ, РКН или на основе геркона и магнита, например СМК-1. Выключатель SA2 — типа П2К, МТ1 (с фиксацией). Кнопка SB1 — типа П2К (без

фиксации), КМ1-1. Излучатель НА1 кроме указанного на схеме может быть типа 2ГД36, 4ГД8Е, а также любой другой с сопротивлением катушки 4 ... 12 Ом и с возможно большим звуковым давлением. В качестве батареи GB1 использованы четыре гальванических элемента 316, соединенные последовательно. Ток, потребляемый устройством в режиме ожидания, не превышает 20 мкА, поэтому одного комплекта источника питания хватает на один год непрерывной работы.

Бо́льшая часть элементов смонтирована на печатной плате и заключена в подходящий корпус. Динамическая головка НА1 должна быть расположена на лестничной клетке и закрыта металлическим щитом с отверстиями, так чтобы доступ к ней был затруднен. Корпус устройства следует располагать в потайном месте. Проводку к излучателю НА1 также нужно выполнить скрыто, чтобы исключить возможность ее повреждения.

Переключатели елочных гирлянд

Накануне Нового года многих радиолюбителей волнует вопрос: как оживить новогоднюю елку? Ниже предлагаются несколько вариантов переключателей елочных гирлянд, различающихся по степени сложности и реализуемым световым эффектам.

Простейший переключатель поочередно коммутирует две гирлянды (рис. 27). На логических элементах DD1.1, DD1.2 выполнен генератор, а на транзисторах VT1, VT2 собраны высоковольтные ключи для управления тринисторами VS1, VS2. Питание на микросхему подается от параметрического стабилизатора R4VD1 с конденсатором C1. Постоянное напряжение как для микросхемы DD1,

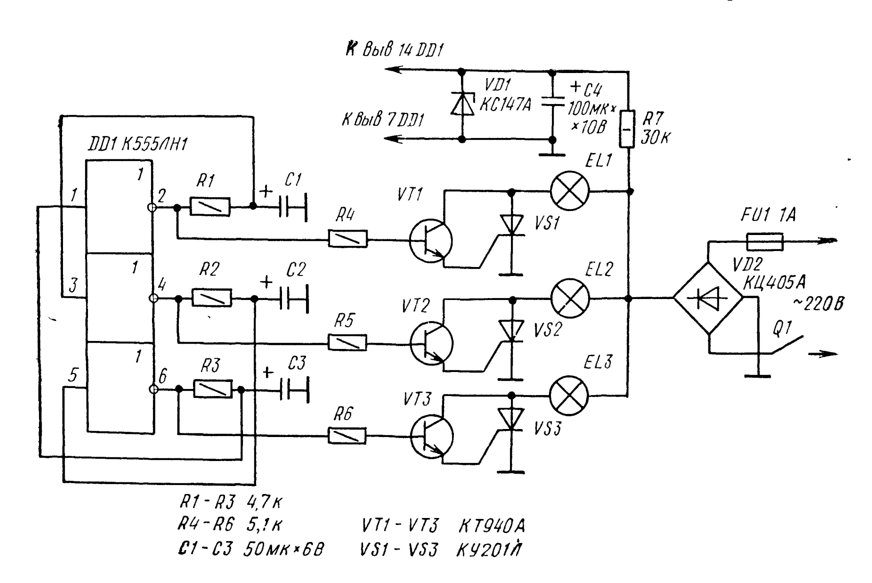


Рис. 28. Схема переключателя трех гирлянд (первый вариант)

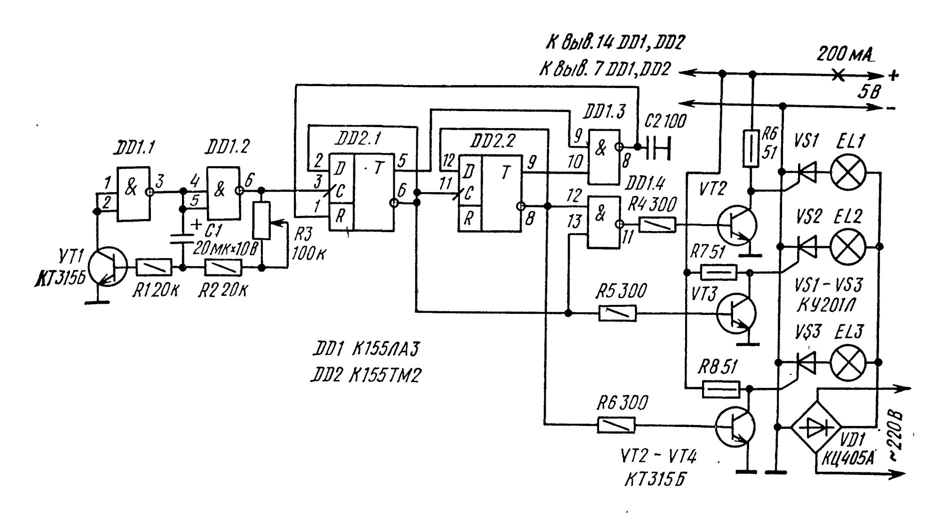


Рис. 29. Схема переключателя трех гирлянд (второй вариант)

так и для ламп гирлянд EL1, EL2 снимается с выпрямительного моста VD2.

Для создания эффекта «бегущий огонь» необходимо поочередно переключать не менее трех гирлянд. Схема переключателя (первый вариант), управляющего тремя гирляндами, представлена на рис. 28. Основу устройства составляет трехфазный мультивибратор, выполненный на трех инвертирующих логических элементах микросхемы DD1. Времязадающие цепи образованы элементами R1—R3, C1—C3. В любой момент на одном из выходов логических элементов имеется напряжение высокого уровня, которое открывает транзисторно-тринисторный ключ. Следовательно, одновременно светятся лампы только одной гирлянды. Поочередное переключение ламп гирлянд EL1—EL3 позволяет получить эффект «бегущий огонь».

В мультивибраторе могут работать инверторы микросхем серий К555 и К155. Во втором случае сопротивления резисторов R1—R3 не должны превышать 1 кОм. Можно использовать и КМОП-микросхемы (К176, К561), при этом сопротивления времязадающих резисторов можно будет увеличить в 100... ... 1000 раз, а емкости конденсаторов C1—C3 во столько же раз уменьшить.

Изменение частоты переключения гирлянд можно производить изменением сопротивления резисторов R1—R3. Одновременно управлять ими затруднительно (строенных переменных резисторов для широкого применения промышленность не выпускает). Это является недостатком данного переключателя гирлянд.

На рис. 29 приведена схема переключателя гирлянд (второй вариант) с регулируемой скоростью движения «бегущего огня».

Как работает это устройство? На логических элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов, частота следования которых состав-

ляет 0,2...1 Гц. Импульсы поступают на вход счетчика, состоящего из двух D-триггеров DD2.1 и DD2.2 микросхемы DD2. Благодаря наличию обратной связи между элементом DD1.3 и входом R триггера DD2.1 счетчик имеет коэффициент пересчета 3 и в любой момент закрыт один из транзисторов VT2—VT4. Если, допустим, закрыт VT2, то положительное напряжение с его коллектора будет подано на управляющий электрод тринистора VS1, тринистор откроется и загорятся лампы гирлянды EL1. Частоту переключения регулируют переменным резистором R3 генератора.

В устройстве микросхемы серии К155 можно заменить соответствующими аналогами из серии К133. Транзисторы VT1—VT4 могут быть из серий КТ315, КТ3117, КТ603, КТ608 с любыми буквами. Тринисторы VS1—VS3 могут быть типов КУ201, КУ202 с буквами К—Н.

Источник, питающий микросхемы и транзисторы устройства, должен быть рассчитан на ток не менее 200 мА.

Недостатком переключателя является необходимость применения трансформаторного блока питания. Это обусловлено сравнительно большим током, потребляемым микросхемами К155ЛА3 и К155ТМ2. Существенно уменьшить ток потребления можно, применив КМОП-микросхемы, в этом случае питание микросхем может осуществляться от простейшего параметрического стабилизатора, как это сделано в переключателе двух гирлянд (см. рис. 28).

Схема переключателя трех гирлянд (третий вариант) на микросхемах серии К561 представлена на рис. 30, *а*. Генератор выполнен на логических элементах DD1.1, DD1.2, а счетчик с коэффициентом пересчета 3 — на двух D-триггерах микросхемы DD2. Эпюры напряжений на выходах логических элементов показаны на рис. 30, *б*. Они помогут понять логику работы устройства. Транзисторно-тринисторные ключи для управления гирляндами, выпрямитель и стабилизатор для питания микросхем — такие же, как и в переключателе по схеме рис. 28 (в качестве стабилитрона VD1 в этом случае нужно использовать КС191Ж или Д814В).

У описанных выше устройств «бегущего огня» есть общий недостаток: неизменность логики работы. Лампы в гирляндах переключаются только в установленном порядке, изменять можно лишь частоту переключения. В то же время желательно, чтобы иллюминация была как можно более разнообразной, не надоедала и не утомляла зрение. Это означает, что должна быть предусмотрена возможность изменения не только продолжительности горения ламп, но и очередности их переключения.

На рис. 31 приведена схема переключателя гирлянд, отвечающего этим условиям.

«Сердцем» устройства является микросхема К155РУ2 — оперативное запоминающее устройство на 16 четырехразрядных слов (под словом в данном случае понимается совокупность логических нулей и единиц, например 0110, 1101 и т. д.). Как действует такая микросхема? Ее четыре входа (D1—D4) предназначены для подачи информации, которую нужно записать в память. Эти входы называются информационными. На четыре других входа (A1—A4) подают двоичный код адреса ячейки, которую требуется выбрать для записи или счи-

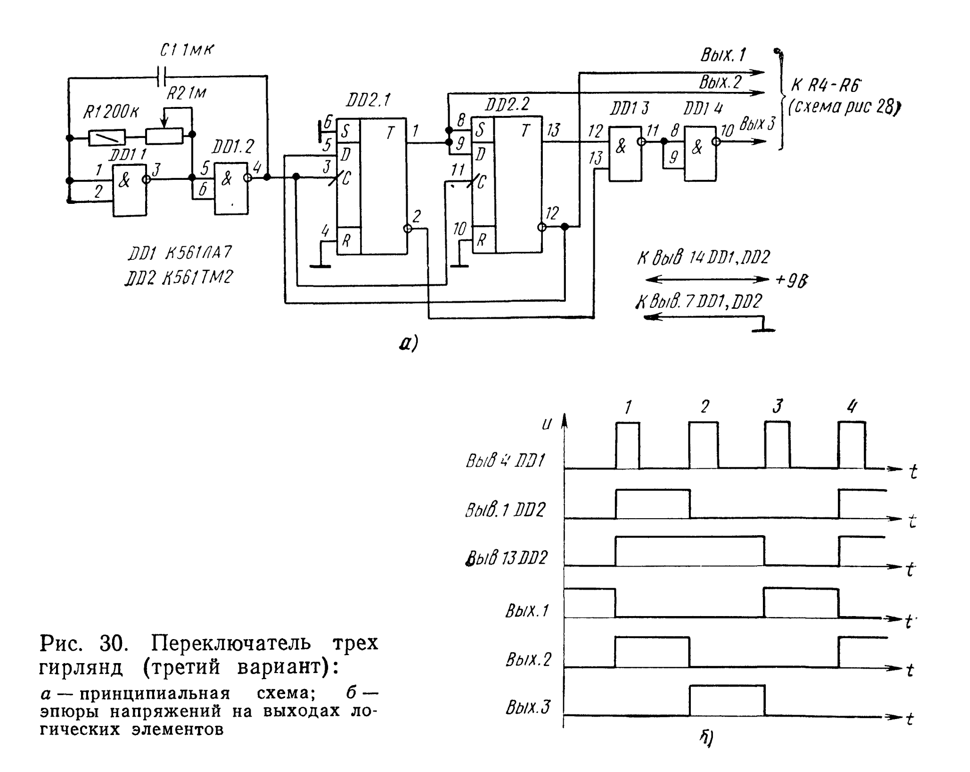


Рис. 30. Переключатель трех гирлянд (третий вариант):

а — принципиальная схема; *б* — эпюры напряжений на выходах логических элементов

тывания информации. Эти входы называют адресными. Изменяя двоичный код на этих входах от 0000 до 1111, можно обратиться к любой из 16 ячеек. Подавая сигнал на вход W, выбирают нужный режим работы микросхемы: если на входе W напряжение низкого уровня, то производится запись в ячейку, а если напряжение высокого уровня, то можно считывать информацию, хранящуюся в ячейках памяти микросхемы. При считывании информация поступает на выходы С1—С4. Выходы у микросхемы — с открытым коллектором, причем если в ячейке памяти записана логическая 1, то соответствующий транзистор выхода будет открыт (разумеется, в его коллекторную цепь должна быть включена нагрузка — резистор).

Таким образом, для записи числа в какую-либо ячейку памяти необходимо подать на входы D1—D4 соответствующие логические уровни, а на входы А1—А4 — двоичный код адреса требуемой ячейки. Затем на вход W подают напряжение низкого уровня — и информация записана. Для считывания информации необходимо подать на вход W напряжение высокого уровня. Тогда при смене кода адреса на выходах С1—С4 будут появляться сигналы, соответствующие содержимому соответствующих ячеек.

Вход V служит для разрешения работы микросхемы: при подаче на него напряжения высокого уровня запись и считывание не производятся.

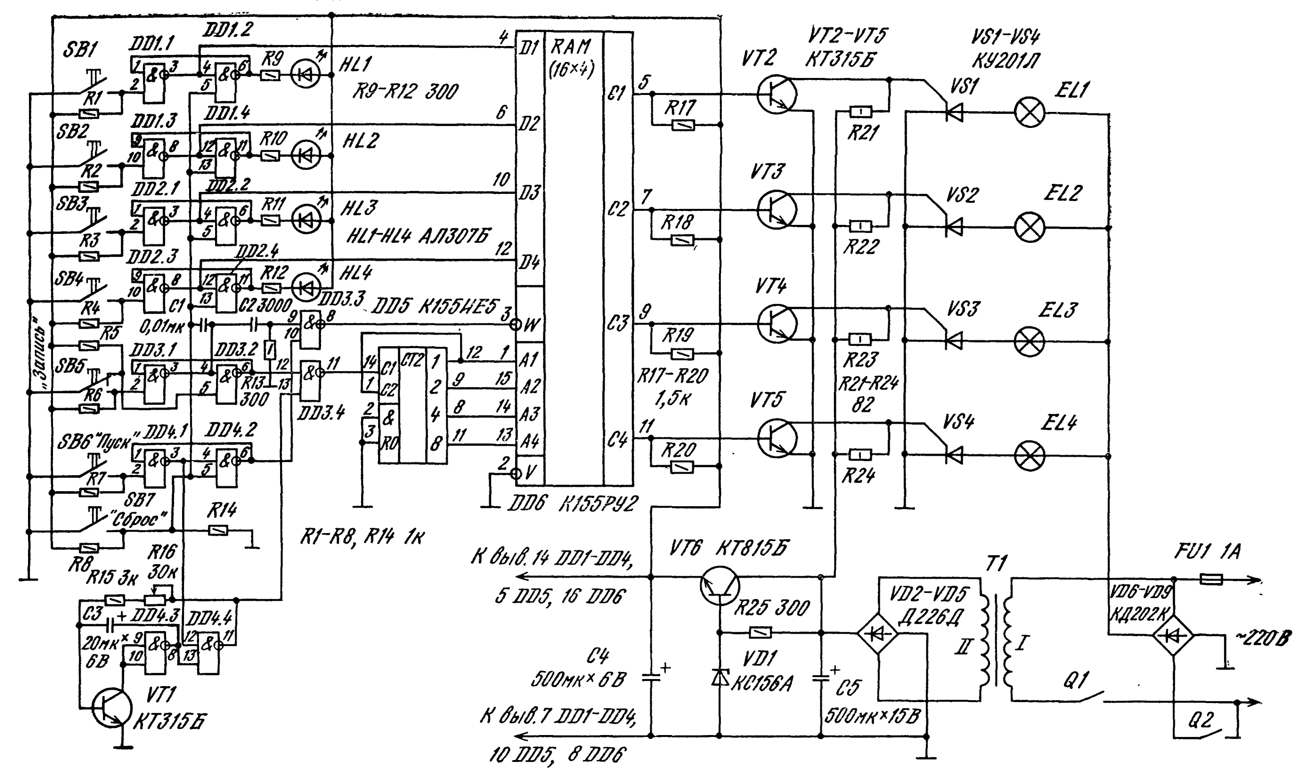


Рис. 31. Схема переключателя гирлянд с микросхемой памяти

Рассмотрим работу переключателя по его принципиальной схеме.

С помощью кнопок SB6 «Пуск» и SB7 «Сброс» устанавливают требуемый режим работы устройства: после нажатия кнопки «Сброс» можно производить запись программы в ячейки памяти микросхемы, а после нажатия кнопки «Пуск» происходит считывание записанной программы.

При нажатии на кнопку SB7 «Сброс» RS-триггеры, собранные на логических элементах DD1.1 и DD1.2, DD1.3 и DD1.4, DD2.1 и DD2.2, DD2.3 и DD2.4, DD4.1 и DD4.2, установятся в исходное состояние, при котором на выходах логических элементов DD1.1, DD1.3, DD2.1, DD2.3 и DD4.1 — напряжение низкого уровня. Поступая на вывод 12 логического элемента DD4.4, оно запрещает работу тактового генератора, собранного на логических элементах DD4.3, DD4.4 и транзисторе VT1.

Затем с помощью кнопок SB1—SB4 набирают двоичное слово для записи в первую ячейку памяти. Допустим, нам требуется записать 0111. Для этого нужно нажать кнопки SB2, SB3, SB4. При этом триггеры DD1.3DD1.4, DD2.1DD2.2, DD2.3DD2.4 перебросятся и зажгутся светодиоды HL2, HL3, HL4. После этого нажимают кнопку SB5 «Запись». Импульс с выхода триггера (вывод 3 логического элемента DD3.1) через дифференцирующую цепь C2R13 и логический элемент DD3.3 поступает на вход W микросхемы памяти DD6. Дифференцирующая цепь C2R13 и логический элемент DD3.3 работают таким образом, что после нажатия кнопки SB5 «Запись» на вход W поступает короткий (длительностью несколько наносекунд) отрицательный импульс, который обеспечивает запись информации, поданной на информационные входы D1—D4 по адресу в соответствии с двоичным кодом на адресных входах A1—A4. В момент отпускания кнопки SB5 «Запись» импульс с выхода логического элемента DD3.1 через конденсатор C1 установит в исходное состояние все RS-триггеры, в которые было предварительно записано двоичное слово. Импульс, поступивший с выхода логического элемента DD3.4 на вход C1 двоичного счетчика DD5, увеличит на единицу адрес (двоичный код которого снимается с выводов 12, 9, 8 и 11 рассматриваемой микросхемы). Заметим, что установка в исходное состояние счетчика адреса DD5 не производится (выводы 2 и 3 для обеспечения счетного режима соединены с общим проводом).

После этого кнопками SB1—SB4 набирают новое двоичное слово программы, нажимают кнопку SB5 «Запись» и т. д. — пока в микросхему памяти не будет записана вся программа из 16 четырехразрядных двоичных слов. После того как программа записана, нажимают кнопку SB6 «Пуск», триггер DD4.1 DD4.2 изменяет свое состояние на противоположное, начинает работать генератор на логических элементах DD4.3, DD4.4, импульсы которого поступают на счетчик DD5 и изменяют код адреса ячейки. На входе W теперь все время находится логическая 1, поскольку на выходе логического элемента DD4.2 — логический 0, который подается на вход логического элемента DD3.3. На выходах C1—C4 микросхемы К155РУ2 появляются логические уровни, соответствующие записанной в ячейках памяти информации. Сигналы с выходов C1—C4 усиливаются транзисторными ключами VT2—VT5 и затем поступают на управляющие электроды тринисторов VS1—VS4. Тринисторы управляют четырьмя гир-

ляндами ламп, условно обозначенными на схеме EL1—EL4. Допустим, что на выходе C1 микросхемы DD6 имеется логический 0. В этом случае транзистор VT2 закрыт, через резистор R21 и управляющий электрод тринистора VS1 протекает ток, тринистор открывается и зажигает лампы гирлянды EL1. Если же на C1 логическая 1, то лампы EL1 гореть не будут.

Микросхемы устройства питаются от стабилизированного выпрямителя, собранного на диодном мосте VD2—VD5, стабилитроне VD1 и транзисторе VT6. Лампы гирлянд EL1—EL4 питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста VD6—VD9. Для отключения гирлянд служит выключатель Q2, для отключения от сети остальных элементов устройства — выключатель Q1.

В устройстве применены следующие детали. Транзисторы VT2—VT5 могут быть любыми из серий КТ3117, КТ503, КТ603, КТ608, КТ630, КТ801; VT1 — любой из серий КТ503, КТ312, КТ315, КТ316; VT6 — любой из серий КТ801, КТ807, КТ815. Тринисторы КУ201Л (VS1—VS4) можно заменить на КУ202 с буквами К—Н Диоды VD2—VD5 помимо указанных могут быть типов Д310, КД509А, КД510А; можно также использовать мостовые выпрямители КЦ402, КЦ405, КЦ407 (с любыми буквенными индексами).

Диоды КД202К (VD6—VD9) можно заменить из КД202 с буквами Л—Р, а также на Д232, Д233, Д246, Д247 с любыми буквами. Конденсаторы C1, C2 — типа К10-7, К10-23, КЛС или КМ-6; C3—C5 — К50-6, К50-16 или К50-20. Все постоянные резисторы — типа МЛТ; переменный резистор R16 — СП-1, СП-0,4. В устройстве можно использовать кнопки типа КМ1-1 или КМД1-1. Можно также использовать кнопки других типов (например, П2К без фиксации положения). Выключатели Q1 и Q2 — типа «тумблер» (ТВ2-1, ТП1-2, Т1, МТ1 и др.). Трансформатор питания T1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×20. Обмотка I содержит 2440 витков провода ПЭВ-1 0,08, обмотка II — 90 витков провода ПЭВ-1 0,51. Можно использовать и любые другие трансформаторы мощностью 10 ... 20 Вт, имеющие вторичную обмотку на напряжение 8 ... 10 В и ток 0,5 ... 0,7 А. Подойдут трансформаторы ТВК-70Л2, ТВК-110ЛМ, у которых часть витков вторичной обмотки должна быть удалена для получения нужного напряжения.

Бóльшая часть элементов устройства смонтирована на текстолитовой плате с размерами 120×145 мм (рис. 32, *а*). Монтаж выполнен проводами. Транзистор VT6 установлен на дюралюминиевом уголке площадью около 30 см^2 (он служит радиатором). Диоды VD6—VD9 и тринисторы VS1—VS4 установлены на плате без радиаторов, при этом суммарная мощность переключаемых ламп не должна превышать 500 Вт. Кнопки SB1—SB7 (типа КМ1-1) установлены на планке из текстолита (рис. 32, *б*), которая крепится к основной плате двумя винтами М3.

За пределами платы находятся следующие элементы: трансформатор питания T1, держатель предохранителя FU1, выключатели питания Q1 и Q2, переменный резистор R16. Элементы платы соединены с ними многожильным проводом. Провода, соединяющие аноды тринисторов VS1—VS4 с лампами EL1—EL4, припаяны непосредственно к лепесткам тринисторов.

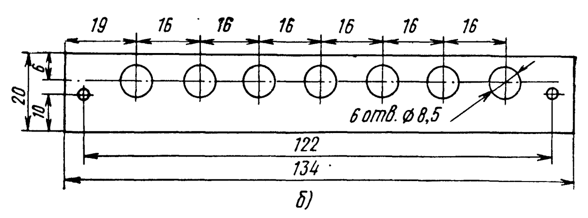


Рис. 32. Монтажная плата переключателя гирлянд:

а — расположение элементов на плате; *б* — планка для установки кнопок SB1—SB7

Сечение проводов, которыми выполнены силовые цепи, должно быть не менее 1 мм^2.

Конструкция устройства произвольная. На верхней крышке корпуса должны быть расположены кнопки SB1—SB7, выключатели питания Q1 и Q2, светодиоды контроля записи программы HL1—HL4, а также ручка переменного резистора R16, с помощью которого изменяют скорость переключения гирлянд. На боковой стенке корпуса установлены держатель предохранителя FU1 и гнезда для подключения гирлянд (на схеме они не показаны).

Если все детали исправны и в монтаже нет ошибок, то устройство начинает работать сразу. Следует отметить, что достигаемые световые эффекты во многом зависят от взаимного расположения ламп гирлянд. Наиболее распространенным является такое их расположение, когда за лампой первой гирлян-

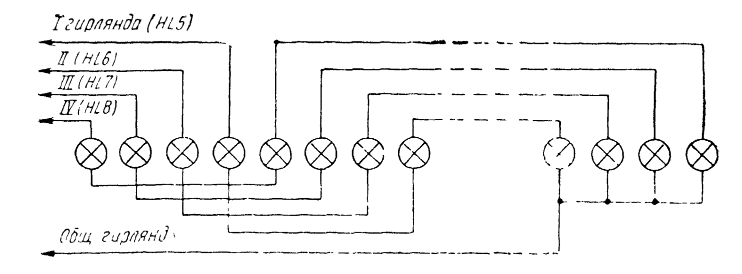


Рис. 33. Схема включения ламп в гирляндах

ды следует лампа второй гирлянды, затем третьей, четвертой и т. д. На рис. 33 показана схема такого включения ламп.

Программирование переключателя ведут следующим образом. Вначале на бумаге составляют программу, представляющую собой запись состояния ламп всех четырех гирлянд в каждом из 16 тактов работы устройства. Включенное состояние гирлянды обозначают логической 1, выключенное — логическим 0. Затем нажатием кнопки SB7 «Сброс» устанавливают микросхемы устройства в исходное состояние. После этого последовательным нажатием кнопок SB1—SB4 набирают первое слово программы, обращая внимание на зажигание светодиодов HL1—HL4, и нажимают кнопку SB5 «Запись». Так производят запись информации во все 16 ячеек микросхемы. Затем нажимают кнопку SB6 «Пуск» — переключатель переходит в рабочий режим.

При программировании следует помнить, что информация должна быть записана во все 16 ячеек памяти микросхемы, поскольку при включении питания состояние этих ячеек оказывается неопределенным.

В табл. 3 показаны некоторые варианты программирования переключателя гирлянд для получения разнообразных световых эффектов. Логические 1 в каж-

Таблица 3

Номер программы	Содержание двоичных слов программы
1	1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001
2	0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110
3	1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 0100, 0100, 0100, 0100, 0010, 0010, 0010, 0001, 0001, 0000, 0000
4	1000, 0000, 0000, 0100, 0000, 0000, 0010, 0000, 0000, 0001, 0000, 0000, 1111, 1111, 0000, 0000
5	1000, 0100, 0010, 0001, 0010, 0100, 1000, 0100, 0010, 0001, 0010, 0100, 1000, 0100, 0100, 0001

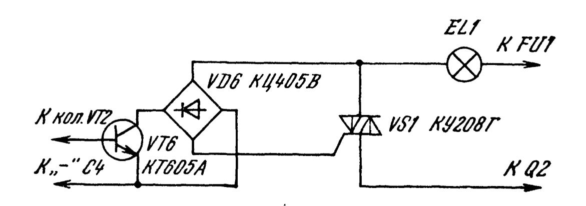


Рис. 34. Коммутация ламп симистором

дом слове слева направо показывают, какие из кнопок SB1—SB4 соответственно следует нажать.

Первая и вторая программы обеспечивают эффект «бегущего огня», остальные программы — более сложные эффекты. Число программ, которые можно реализовать с помощью данного устройства, велико, и это открывает простор для фантазии оператора. Следует также помнить, что изменение скорости переключения гирлянд открывает широкие возможности для получения различных световых эффектов.

Суммарная мощность ламп, переключаемых устройством, может быть увеличена до 1500 Вт, при этом диоды VD6—VD9 должны быть установлены на радиаторы площадью 40 ... 50 см^2 каждый.

Если в распоряжении радиолюбителя имеются симметричные тиристоры (симисторы) серии КУ208Г, их также можно использовать для управления лампами гирлянд. Подключать симисторы следует в соответствии со схемой, представленной на рис. 34 (изображена схема только одного канала, остальные — аналогичные). Сопротивления резисторов R21—R23 (см. рис. 31) в этом случае необходимо увеличить до 1 ... 3 кОм. Транзисторы КТ605А можно заменить на КТ605Б, КТ940А, диодные мосты VD6 могут быть КЦ402, КЦ405 с буквами А, Б, Ж, И.

Второй вариант симисторного узла коммутации представлен на рис. 35. Его отличие от предыдущего в том, что транзисторные ключи VT2—VT5 с резисторами R21—R24 (см. рис. 31) заменены инвертирующими логическими элементами микросхемы DD7 (резисторы R17—R20 в схеме рис. 31 при этом сохраняются). Такое схемное решение несколько упрощает конструкцию.

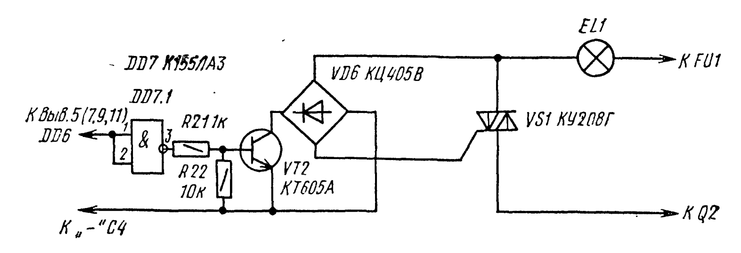


Рис. 35. Второй вариант коммутации ламп симистором

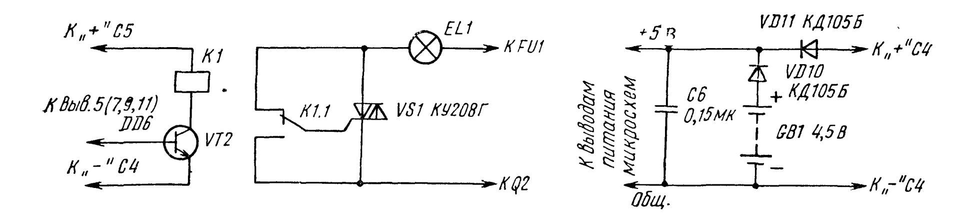


Рис. 36. Схема коммутации ламп с применением реле и симистора

Рис. 37. Схема аварийного питания микросхем от батареи

Узел управления симисторами можно сделать еще более простым, если использовать электромагнитные реле (рис. 36). Обмотки реле, как видно из схемы, включены вместо резисторов R21—R24. В переключателе могут работать любые реле, срабатывающие от напряжения 8 ... 12 В при токе до 100 мА, например РЭС-10 (паспорта РС4.524.303, РС4.524.312), РЭС-15 (паспорта РС4.591.003, РС4.591.004, РС4.591.006), РЭС-47 (паспорта РФ4.500.049, РФ4.500.419); РЭС-49 (паспорт РС4.569.424). Кроме простого схемного решения имеется еще одно преимущество — гальваническая развязка низковольтной части устройства от сети питания, что увеличивает безопасность пользования переключателем. Недостатком же является меньший срок службы, вызванный износом контактов реле.

И в заключение еще одна рекомендация. При выключении напряжения сети питания (даже кратковременном — несколько секунд) разрушается программа, записанная в микросхему памяти. Поэтому целесообразно предусмотреть аварийное переключение цепей питания микросхем устройства на питание от гальванической батареи или аккумулятора. Схема, позволяющая реализовать это, показана на рис. 37.

В нормальном режиме микросхемы переключателя питаются от выпрямителя и ток протекает через диод VD11. Диод VD10 при этом закрыт, поскольку к нему приложено небольшое (0,5 ... 1 В) обратное напряжение. При отключении сетевого питания закрывается диод VD11, но открывается диод VD10, и питание микросхемы осуществляется от батареи GB1. Конденсатор С6 гасит импульсы напряжения, которые возникают в моменты переключения питания с сетевого на батарейное и наборот, и таким образом повышает помехоустойчивость устройства. Диоды VD10, VD11 могут быть любого типа, допускающие ток не менее 300 мА (например, подойдут Д226, КД105 с любыми буквами). Батарея GB1 — 3336Л. При использовании в переключателе этого узла следует обратить внимание на выходное напряжение выпрямителя: оно должно составлять 5 ... 5,5 В (но не менее 5 В), в противном случае может происходить постоянная разрядка батареи GB1. Продолжительность питания от батареи зависит от ее емкости. При длительных пропаданиях напряжения в сети (более 15 ... 20 мин) такое аварийное питание нецелесообразно, поскольку лампы гирлянд все равно не работают, а новую программу можно набрать всего лишь за 3 ... 5 мин.

Реле выдержки времени

Реле выдержки времени применяют для включения на какое-то определенное время нагрузки, например лампы фотоувеличителя, электроплитки и др.

Простое реле времени, рассчитанное на включение нагрузки на несколько десятков секунд, можно собрать по схеме рис. 38.

В реле времени использован однопереходный транзистор VT1. Что он представляет собой?

Однопереходный транзистор имеет три вывода: две базы и один эмиттер. Вывод, соединенный с реле К2, называют выводом первой базы, а вывод, соединенный с резистором R5, — выводом второй базы. Эмиттер и база Б1 образуют единственный в транзисторе *p-n* переход, отсюда и название прибора.

Участок между базами образован кремниевой пластиной *n*-типа и имеет линейную вольт-амперную характеристику, т. е. ток через этот участок прямо пропорционален приложенному межбазовому напряжению. При отсутствии напряжения на эмиттере (измеренного относительно базы Б1) *p-n* переход находится в закрытом состоянии. При подаче определенного положительного напряжения на эмиттер переход включается в прямом направлении. Соответствующее напряжение эмиттера называют напряжением включения. Сопротивление *p-n* перехода при включении уменьшается в сотни раз, а ток становится достаточным для включения, например, в нашем случае электромагнитного реле К2. При уменьшении эмиттерного напряжения переход возвращается в закрытое состояние. Процесс переключения однопереходного транзистора носит лавинообразный характер (т. е. сопротивление перехода изменяется скачком), что и позволяет широко использовать однопереходный транзистор в различных устройствах.

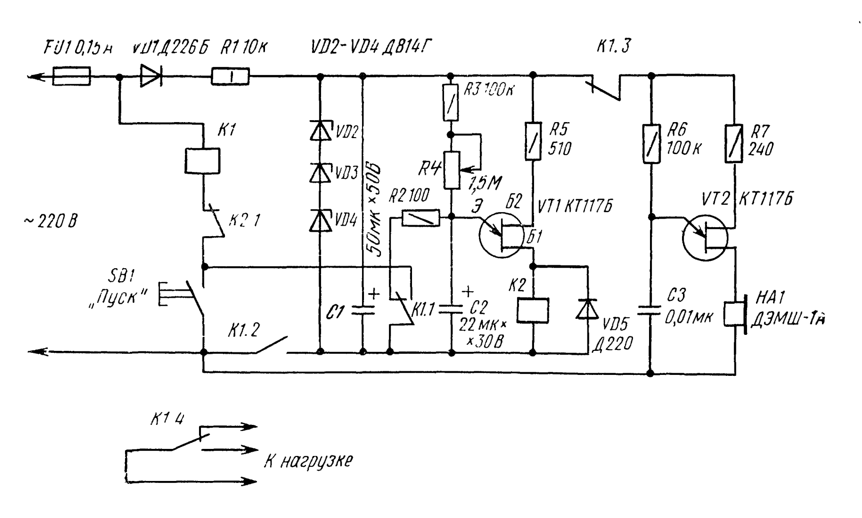


Рис. 38. Схема реле времени на однопереходном транзисторе

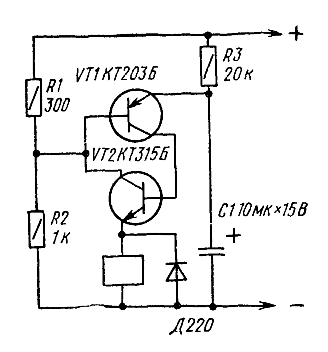


Рис. 39. Схема аналога однопереходного транзистора

Итак, познакомившись с принципом работы однопереходного транзистора, рассмотрим работу реле времени (см. рис. 38). В исходном состоянии все элементы устройства, кроме элементов генератора и выпрямителя, обесточены. Напряжение сети выпрямляется однополупериодным выпрямителем (диод VD1), стабилизируется параметрическим стабилизатором напряжения R1VD2VD3VD4, пульсации сглаживаются конденсатором С1. Генератор, собранный на однопереходном транзисторе VT2, вырабатывает колебания звуковой частоты, которые излучаются капсюлем НА1. При нажатии на кнопку SB1 «Пуск» срабатывает электромагнитное реле К1. Контактами К1.1 оно самоблокируется и размыкает конденсатор С2; контактами К1.2 подает напряжение на элементы устройства; контактами К1.3 отключает узел подачи звукового сигнала. Через резисторы R3 и R4 начинается зарядка конденсатора С2. Через некоторое время (определяемое значениями R3, R4 и С2) переход транзистора VT1 откроется и конденсатор С2 разрядится на обмотку реле К2 — оно кратковременно сработает. Контактами К2.1 реле разорвет цепь питания реле К1, и устройство примет первоначальное состояние.

Однопереходные транзисторы могут быть типов КТ117А, КТ117Б. При отсутствии однопереходного транзистора его можно заменить комбинацией из двух биполярных транзисторов (рис. 39). Реле К1 (в схеме рис. 38) применено типа МКУ-48 (паспорт РА4.509.145); реле К2 — типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) или РЭС-10 (паспорт РС4.524.302). Конденсатор С2 желательно применить с малым током утечки (типов К53-1, К53-4, К53-14). Звуковой излучатель НА1 — микрофонный капсюль ДЭМШ-1А или любой другой телефон с обмоткой сопротивлением постоянному току 100 ... 200 Ом. Выбор остальных деталей не вызовет затруднений. Заканчивая описание реле времени на однопереходном транзисторе, заметим, что на выдержках времени более 1 мин стабильность выдержки уменьшается.

Действие цифрового реле времени (первый вариант), схема которого приведена на рис. 40, основано на заполнении двоичного счетчика импульсами, следующими с периодом 1 с или 1 мин. После того как на вход счетчика поступает определенное число импульсов, появляется сигнал на выходе узла совпадения и срабатывает исполнительное реле.

Прибор имеет два поддиапазона выдержек времени. В первом поддиапазоне длительность выдержки можно устанавливать в пределах 1 ... 255 с с интервалом 1 с, во втором — в пределах 1 ... 255 мин с интервалом 1 мин. Установка того или иного поддиапазона осуществляется переключателем SA1.

С обмотки II трансформатора Т1 напряжение сети, пониженное до 10 В, выпрямляется диодным мостом VD1 и через резистивный делитель R2R3 поступает на вход триггера Шмитта (выводы 1, 2, 4, 5 микросхемы DD1).

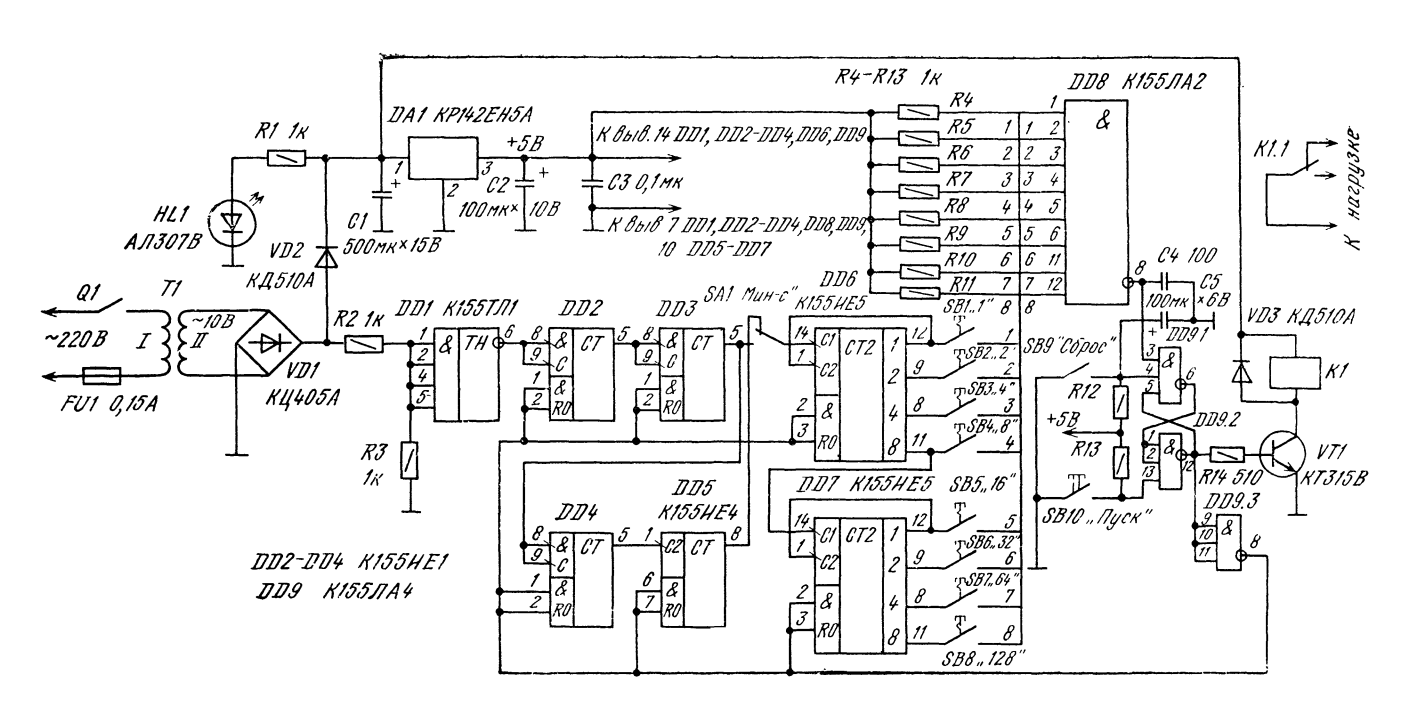
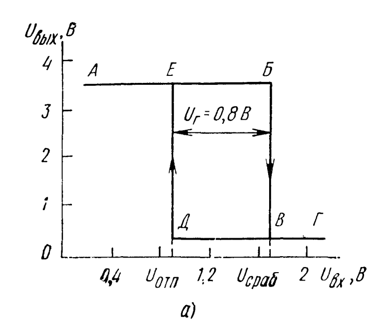


Рис. 40. Схема цифрового реле времени (первый вариант)



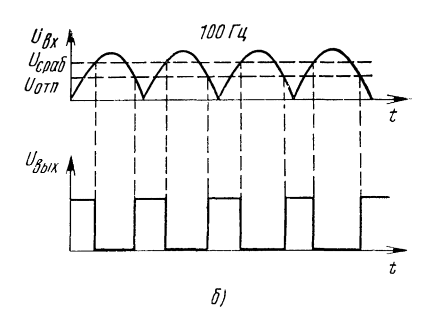


Рис. 41. Триггер Шмитта К155ТЛ1:

а — передаточная характеристика; *б* — временна́я диаграмма работы при воздействии синусоидального входного сигнала

Триггером Шмитта называют пороговое электронное устройство, выходное напряжение которого может принимать одно из двух значений (высокий или низкий уровень) под воздействием аналогового или цифрового входного сигнала. Триггер Шмитта представляет собой усилитель, охваченный положительной обратной связью. Графическое изображение взаимосвязи между входными и выходным сигналами триггера Шмитта называют его передаточной характеристикой (рис. 41, *а*). Если входное напряжение триггера $U_{вх}=0$ (точка А), то выходное напряжения $U_{вых}>2{,}4$ В (напряжение высокого уровня ТТЛ). При повышении $U_{вх}$ до 1,7 В выходное напряжение скачкообразно уменьшается (переходит от точки Б к В, где $U_{вых}\leqslant 0{,}4$ В, т. е. напряжение низкого уровня). Такое входное напряжение называют напряжением срабатывания $U_{сраб}$. Если входное напряжение теперь постепенно уменьшать (от точки Г к В и ниже), то при $U_{вх}=0{,}9$ В выходное напряжение скачкообразно изменится от низкого уровня к высокому (линия Д—Е). Это входное напряжение называют напряжением отпускания $U_{отп}$. Разницу между напряжениями срабатывания и отпускания называют гистерезисом триггера; $U_г=0{,}8$ В. Рассмотренный триггер Шмитта, входящий в состав микросхемы К155ТЛ1, инвертирует входной сигнал. Временна́я диаграмма работы при воздействии входного синусоидального сигнала показана на рис. 41, *б*. Таким образом, триггер Шмитта формирует из входного сигнала произвольной формы прямоугольные импульсы с крутыми фронтами.

С выхода триггера Шмитта прямоугольные импульсы частотой 100 Гц подаются на два последовательно соединенных десятичных счетчика DD2, DD3. В результате на выходе микросхемы DD3 (вывод 5) импульсы следуют с периодом 1 с. Они поступают на входы & С десятичного счетчика DD4, а от него — на микросхему DD5, которая делит частоту поступающих импульсов на шесть (микросхемы DD2—DD5 работают в режиме счета импульсов лишь в том случае, если на их входах & R0 имеется напряжение низкого уровня). На выходе микросхемы DD5 (вывод 8) импульсы следуют с периодом 1 мин.

С подвижного контакта переключателя SA1 «Мин—с» импульсы поступают на вход четырехразрядного двоично-десятичного счетчика DD6, а с выхода последнего — на вход такого же счетчика DD7. Напомним, что общая емкость N-разрядного счетчика составляет 2^N-1, следовательно, в данном случае в счетчик может быть записано максимальное десятичное число 255. Это и определяет максимальную продолжительность выдержки реле времени — 255 мин.

Триггеры, входящие в состав микросхемы К155ИЕ5, переключаются спадом импульса.

Выходы счетчиков DD6, DD7 через замыкающие контакты кнопочных выключателей SB1—SB8 соединены со входами микросхемы DD8, выполняющей логическую операцию 8И-НЕ. Когда восьмиразрядный счетчик достигнет определенного состояния, заданного выключателями SB1—SB8, на выходе микросхемы DD8 появится напряжение низкого уровня. При этом RS-триггер, выполненный на логических элементах DD9.1 и DD9.2, установится в состояние, при котором на выходе логического элемента DD9.2 напряжение низкого уровня (а в течение отсчета времени было напряжение высокого уровня), отпустит электромагнитное реле K1, а его контакты K1.1 отключат (или включат) цепь нагрузки.

Пользоваться этим реле времени несложно. После включения питания выключателем Q1 RS-триггер установится в состояние, соответствующее напряжению низкого уровня на выходе элемента DD9.2 (для установки триггера в такое состояние служит конденсатор C5). Реле K1 при этом обесточено. На входах &R0 микросхем DD2—DD7 будет напряжение высокого уровня, запрещающее счет импульсов. Затем переключателем SA1 устанавливают поддиапазон выдержек — «Секунды» или «Минуты», а кнопочными выключателями SB1—SB8 — нужную длительность выдержки времени. Например, при нажатии кнопок SB5 и SB7 и установке переключателя SA1 в положение «Минуты» выдержка времени составит 16+64=80 мин.

Затем нажимают кнопку SB10 «Пуск». При этом на выходе элемента DD9.2 установится напряжение высокого уровня и сработает реле K1, на выходе элемента DD9.3 — напряжение низкого уровня, которое будет подано на входы &R0 микросхем DD2—DD7: начнется подсчет поступающих импульсов. Через 80 мин RS-триггер DD9.1DD9.2 переключится в противоположное состояние, и реле K1 отпустит.

Микросхемы DD1—DD10 можно заменить на аналогичные им микросхемы из серий К133, К555. При отсутствии интегрального стабилизатора КР142ЕН5А (DA1) стабилизатор может быть выполнен по любой известной схеме (например, параметрический стабилизатор с эмиттерным повторителем); он должен обеспечивать выходное напряжение 5 В при токе не менее 200 мА. Транзистор VT1 — типов КТ312, КТ315, КТ503, КТ603, КТ608, КТ3117 с любым буквенным индексом. Мостовой выпрямитель VD1 может быть из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407 с любыми буквами; диод VD2—Д226, Д310, КД105, КД106 с любыми буквами, VD3 — КД503, КД509, КД510, Д220, Д223 с любыми буквами. Оксидные конденсаторы — типов К50-6, К50-16; остальные — КМ-6,

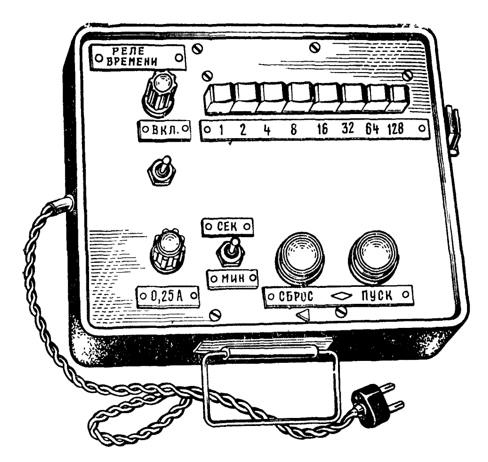


Рис. 42. Внешний вид цифрового реле времени (первый вариант)

КЛС, К10-7в. Резисторы — типа МЛТ-0,25; реле К1 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Выключатель Q1 и переключатель SA1 — типов ТВ2-1-2 или ТП1-2, переключатели SB1—SB8—П2К с фиксацией положения, SB9 и SB10—П2К без фиксации положения. Трансформатор Т1 — любого типа, обеспечивающий напряжение на вторичной обмотке 8...12 В при токе не менее 0,3 А. Данные самодельного трансформатора: магнитопровод ШЛ16×25; обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭВ-2 0,1 мм, обмотка II — 120 витков провода ПЭВ-2 0,33 мм.

Реле времени смонтировано в пластмассовом корпусе размерами 250×210××90 мм (использован корпус от неисправного ампервольтомметра АВ0-5М) (рис. 42). Верхняя съемная крышка изготовлена из винипласта толщиной 3 мм. Надписи выполнены на бумаге и закрыты сверху пластинами прозрачного органического стекла. На боковой стенке находится соединитель, к которому подведены провода, идущие от контактов К1.1 реле К1.

Бóльшая часть деталей смонтирована на плате № 2 (см. рис. 16, *б*). Монтаж — проволочный. Микросхема DA1 установлена на дюралюминиевом уголке 20×20 мм, служащем радиатором.

Чтобы исключить возможные сбои из-за помех, не следует объединять в один жгут провода, идущие к микросхемам, с проводами, несущими переменный или пульсирующий ток (от сетевого трансформатора Т1 и выпрямителя VD1).

Правильно собранное из заведомо исправных деталей реле времени не требует налаживания. Оценить его точность можно путем сравнения длительностей выдержек с показаниями электронных часов. В одном из испытанных экземпляров устройства максимальное отклонение выдержки на пределе 30 мин составило не более 20 с, что соответствует точности 1%.

Для уменьшения обгорания контактов реле контакты К1.1 образованы четырьмя параллельно соединенными группами контактов, имеющимися в реле. Желательно также параллельно контактам подключать искрогасящие цепи (последовательно соединенные резистор сопротивлением 100...200 Ом, мощностью 2 Вт и конденсатор емкостью 0,25...0,5 на номинальное напряжение 400 В).

Такой вариант реле выдержки времени можно применять при выполнении фоторабот, для включения и запрограммированного выключения различных бытовых приборов (например, электроплитки). Если увеличить диапазоны выдержек включением в счетчик импульсов дополнительных триггеров и ввести зву-

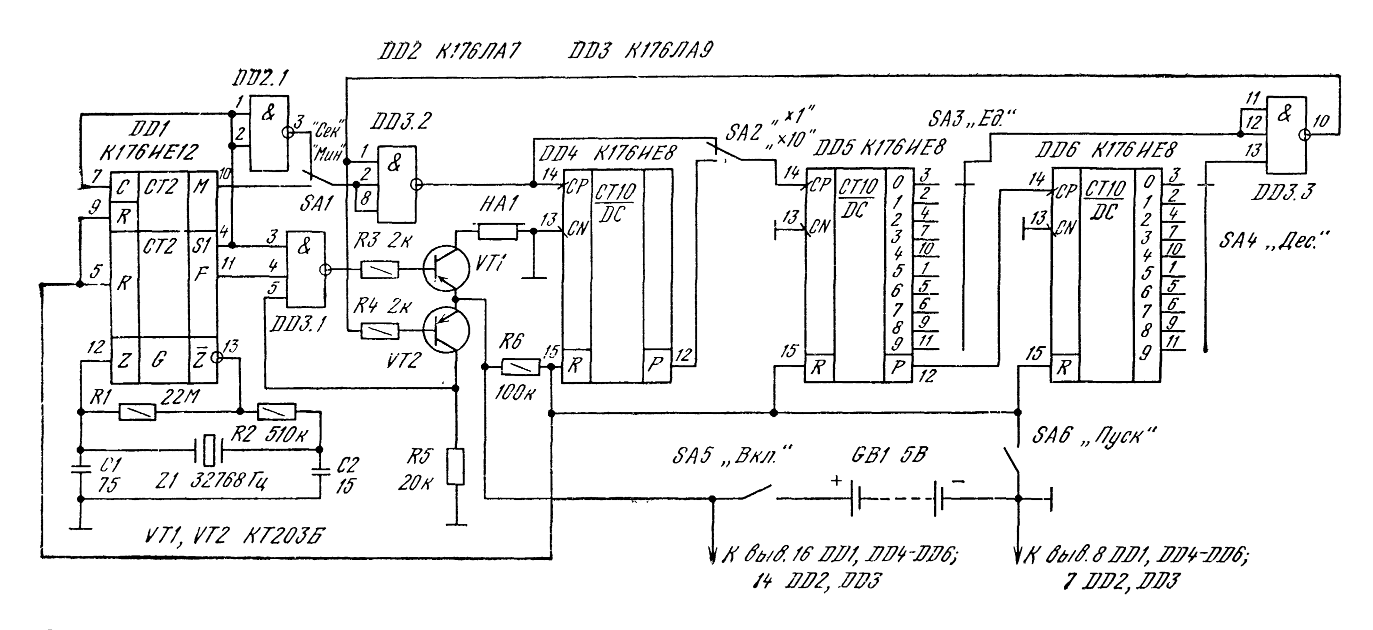


Рис. 43. Схема цифрового реле времени (второй вариант)

ковую сигнализацию, то реле времени можно будет использовать и как электронный будильник.

Схема второго варианта цифрового реле времени представлена на рис. 43.

Действие этого устройства, как и предыдущего варианта реле времени, основано на заполнении двоичных счетчиков импульсами, следующими с периодом 1 с, 10 с, 1 или 10 мин. Реле времени обеспечивает выдержку времени от 1 с до 990 мин в четырех поддиапазонах (1 ... 99 с с интервалом 1 с; 10 ... ... 990 с с интервалом 10 с; 1 ... 99 мин с интервалом 1 мин; 10 ... 990 мин с интервалом 10 мин). Отличительной особенностью такого реле времени является малый ток потребления (в режиме выдержки времени он составляет около 1 мА), что позволило питать реле времени от гальванической батареи и потому использовать его в тех местах, где нет электросети. Реле времени может включать и выключать бытовые электроприборы мощностью до 1000 Вт, а также подает звуковой сигнал.

В реле времени использован кварцевый резонатор, что обеспечивает высокую стабильность временных интервалов (не хуже 0,01%). Наличие всех перечисленных факторов позволяет широко использовать это устройство в быту.

Устройство выполнено на шести микросхемах серии К176. Эта серия по сравнению с серией К155 обладает не только тем преимуществом, что ее микросхемы потребляют малую мощность, но и тем, что они имеют и более высокую степень интеграции.

Микросхема К176ИЕ12 (DD1), разработанная для использования в электронных часах, имеет очень широкие функциональные возможности. В ее состав входят генератор, рассчитанный на работу с внешним кварцевым резонатором на частоту 32768 Гц (выводы 12 и 13), и два делителя частоты с коэффициентами деления $2^{15}=32768$ и 60 (выводы 4, 7, 10). Следовательно, на выходах микросхемы формируются секундные и минутные импульсы. Микросхема позволяет реализовывать и некоторые другие функции, связанные с ее применением в электронных часах. В исходное состояние микросхему устанавливают подачей напряжения высокого уровня на входы R (выводы 5, 9).

Эпюры напряжений на некоторых выводах микросхемы К176ИЕ12 представлены на рис. 44. Особенность микросхемы К176ИЕ12 в том, что первый спад на выходе минутных импульсов М появляется спустя 59 с после подачи напряжения низкого уровня на вход сброса R. Это следует учитывать при эксплуатации устройств, собранных на микросхеме.

Микросхема К176ИЕ8 (DD4—DD6) — это двоичный счетчик, совмещенный с десятичным дешифратором. Имеет вход R для установки в исходное состояние и входы для подачи счетных импульсов отрицательной (CN) и положительной (CP) полярностей. При работе счетчика на его выходах 0—9 (выводы 1—7, 9—11) последовательно появляется напряжение высокого уровня.

Рассмотрим работу реле времени (контакты выключателя питания SA5 замкнуты). Выбор нужной выдержки времени осуществляют переключателями SA1 («Минуты» — «Секунды»), SA2 («×1» — «×10»), SA3, SA4 («Единицы», «Десятки»). После этого замыкают контакты выключателя SA6 «Пуск». При этом на выводах 10, 4, 11 микросхемы DD1 появляются импульсы с частотами

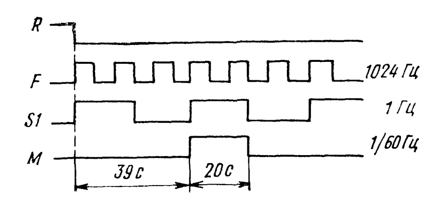


Рис. 44. Эпюры напряжений на выводах микросхемы К176ИЕ12

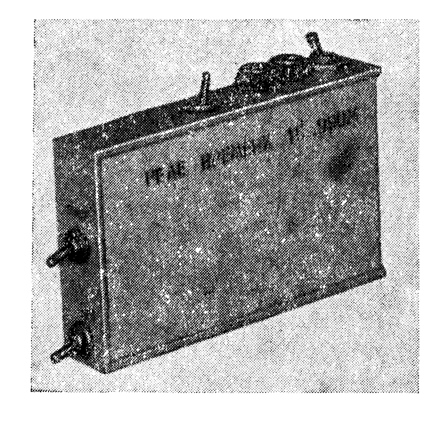


Рис. 45. Внешний вид цифрового реле времени (второй вариант)

соответственно 1/60, 1 и 1024 Гц. В зависимости от положения переключателя SA1 на выводы 2, 8 логического элемента DD3.2 поступают минутные или секундные импульсы. На выводе 1 этого же элемента — напряжение высокого уровня, поданное с выхода логического элемента DD3.3 (поскольку на его входах — выводах 11, 12, 13 — напряжение низкого уровня). Следовательно, импульсы поступают на вход СР микросхемы DD4, и если контакты переключателя SA2 находятся в показанном на схеме положении — то и на аналогичный вход микросхемы DD5.

Логический элемент DD2.1 инвертирует секундные импульсы, поступающие на нормально замкнутый контакт переключателя SA1. Это сделано для того, чтобы на выводы 2, 8 логического элемента DD3.2 поступали или секундные, или минутные импульсы, у которых период относительно исходного состояния входа R определяется спадом импульса (или, что то же самое, срезом импульса). На вход СР микросхемы DD4 импульсы поступают в противофазе благодаря применению логического элемента DD3.2, т. е. секундный или минутный интервал определяется положительным перепадом напряжения на входе СР, переключающим триггеры микросхемы.

Через некоторое время, определяемое положением подвижных контактов переключателей SA3 и SA4, на этих контактах появятся одновременно напряжения высокого уровня. Напряжение низкого уровня, появившееся на выходе логического элемента DD3.3, запретит дальнейшее поступление импульсов на входы микросхем DD4, DD5 и откроет транзистор VT2. На вывод 5 логического элемента DD3.1 поступит напряжение высокого уровня. На базу транзистора VT1 начнут поступать импульсы с интервалом 1 с, модулированные частотой 1024 Гц (роль модулятора, или суммирующего устройства, выполняет логический элемент DD3.1). В излучателе HA1 будет слышен прерывистый звуковой сигнал, свидетельствующий об окончании выдержки времени.

Микросхему К176ЛА7 (DD2) можно заменить на К561ЛА7, К176ЛА9 (DD3) — на К561ЛА9, К176ИЕ8 (DD4—DD6) — на К561ИЕ8. Транзисторы VT1, VT2 — любые из серий КТ203, КТ361, КТ501, КТ502. Кварцевый резона-

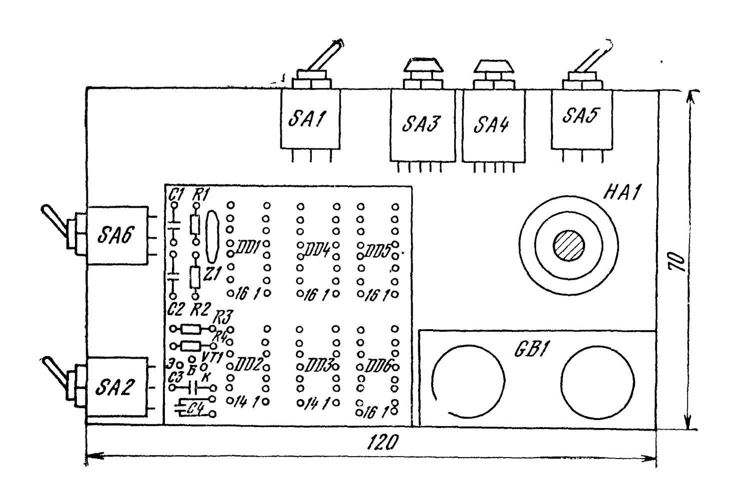


Рис. 46. Расположение элементов в корпусе реле времени

тор Z1 — малогабаритный на частоту 32768 Гц, предназначенный для использования в электронных часах. Конденсаторы C1, C2 — типов КЛС, КМ, КТ, К10-7в, К10-23. Резисторы — МЛТ-0,125. Звуковой излучатель — микрофонный капсюль ДЭМШ-1А или телефонный капсюль любого типа с сопротивлением катушки постоянному току не менее 65 Ом (например, ТА-4, ТК-47, ТК-67). Переключатели SA1, SA2, SA5, SA6 — типа П1Т; SA3, SA4 — МПН-1. В качестве батареи питания GB1 использованы четыре дисковых аккумулятора Д-0,06.

Реле времени собрано в пластмассовом корпусе размерами 120×70×20 мм (рис. 45). Корпус изготовлен из коробки для рыболовных принадлежностей. Расположение элементов в корпусе реле времени показано на рис. 46. Монтаж на плате выполнен проводами.

Такое реле времени, свободно умещающееся в кармане, удобно использовать в качестве таймера или будильника. Несложная приставка к реле времени (рис. 47) позволяет с его помощью управлять нагрузкой. Переключателем SA1 выбирают режим коммутации нагрузки. В положении 1 управление нагрузкой не осуществляется и цепи узла управления нагрузкой (оптрон U1, U2) отключены от коллектора транзистора VT1; это сделано для того, чтобы не расходовать напрасно энергию батареи GB1 на питание узла управления, если нагрузка отключена, а реле времени используется только в качестве будильника. По истечении заданного времени в положении 2 переключателя SA1 реле времени включает нагрузку, а в положении 3 — выключает нагрузку (в течение заданного времени она включена).

Коммутация нагрузки осуществляется тиристором VS1, включенным в диагональ диодного моста VD1—VD4. Тиристор включается с помощью двух оптронов U1 и U2. Оптрон работает следующим образом. При протекании тока

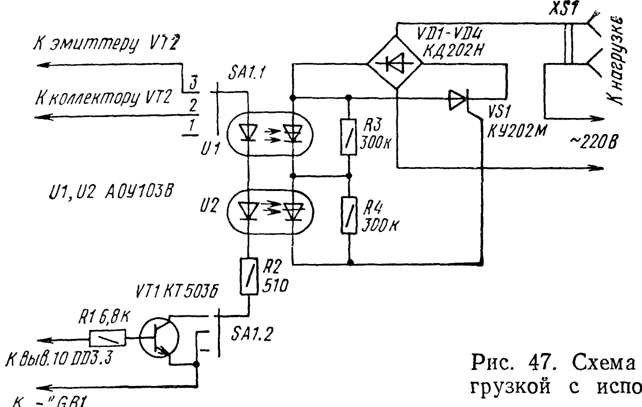


Рис. 47. Схема узла управления нагрузкой с использованием оптронов

через светодиод оптрона освещается его динистор, и он начинает пропускать ток. Достоинством оптрона является отсутствие гальванической связи между его входными и выходными цепями, что создает безопасные условия работы с устройствами, имеющими питание от сети (сопротивление между входными и выходными цепями оптрона достигает сотен мегаом).

Допустим, что переключатель SA1 установлен в положение 2. При появлении напряжения низкого уровня на выходе логического элемента DD3.3 транзистор VT2 реле времени (рис. 43) откроется, также откроется и транзистор VT1 узла управления, и через светодиоды оптронов U1 и U2 потечет ток, ограничиваемый резистором R2. Динисторы оптронов откроются, поэтому в начале каждого полупериода напряжения сети будет открываться тринистор VS1 и оставаться открытым до конца полупериода. Использование двух оптронов объясняется тем, что допустимое прямое напряжение динистора оптрона этого типа составляет лишь 200 В. Резисторы R3 и R4 предназначены для выравнивания напряжений на динисторах, когда они находятся в закрытом состоянии.

Если переключатель SA1 находится в положении 3, то входные цепи оптронов будут подключены к плюсу питания и транзистору VT1, который по истечении выдержки времени закроется и выключит оптроны и нагрузку. Поскольку ток, протекающий через входные цепи оптрона, довольно значителен (10...20 мА), при установке больших выдержек времени батарея GB1 может сильно разрядиться. Это необходимо учитывать при работе с устройством.

По истечении выдержки времени контакты переключателя SA5 следует возвратить в исходное положение, при этом устройство примет первоначальное состояние.

Нагрузка, которую может коммутировать реле времени, питается переменным током. Это может быть холодильник, телевизор, радиоприемник, вентилятор и пр. Если же питание нагрузки допускается осуществлять постоянным током (фотоувеличитель, утюг, электроплитка), то узел управления можно упростить и избежать применения оптронов (рис. 48). Этот узел будет производить

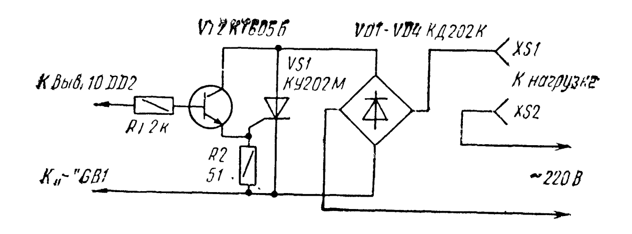


Рис. 48. Схема узла управления нагрузкой (без оптронов)

отключение нагрузки по истечении заданного времени. Мощность, рассеиваемая на транзисторе VT2, очень мала, поскольку ток через него протекает лишь в момент открывания. Однако в этом случае элементы реле времени будут иметь гальваническую связь с сетью и необходимо соблюдать меры безопасности при работе с устройством.

Конструкция узла управления нагрузкой, его размеры определяются тем, какие нагрузки предполагается коммутировать. Если их мощность не превышает 300 Вт, то выпрямительные диоды и тринистор не нужно устанавливать на радиатор. Если же мощность нагрузки может достигать 1000 Вт, то тринистор следует устанавливать на радиатор с поверхностью теплоотдачи не менее 200 см^2, а каждый из диодов — на радиатор с поверхностью 50 см^2.

Напоминаем: микросхемы потребляют от батареи ток около 1 мА; устройство подачи звукового сигнала — не более 10 мА; оптроны, когда они включены, — 10...20 мА. Исходя из этих данных и зная емкость батареи питания, следует рассчитать продолжительность работы реле времени в том или ином режиме.

Большие возможности для построения времязадающих устройств открывает использование интегрального таймера КР1006ВИ1. Эта микросхема специально разработана для применения в устройствах подобного типа.

Функциональная схема интегрального таймера КР1006ВИ1 представлена на рис. 49. В состав таймера входят два прецизионных компаратора высокого (DA1) и низкого (DA2) уровней, асинхронный RS-триггер DD1, мощный выходной каскад на транзисторах VT1 и VT2, разрядный транзистор VT3, прецизионный делитель напряжения R1R2R3. Сопротивления резисторов R1—R3 равны между собой.

Таймер содержит два основных входа: вход запуска (вывод 2) и пороговый вход (вывод 6). На этих входах происходит сравнение внешних напряжений с эталонными значениями, составляющими для указанных входов соответственно $1/3U_{пит}$ и $2/3U_{пит}$. Если на входе $U_{пор}$ действует напряжение меньше $2/3U_{пит}$, то уменьшение напряжения на входе $U_{зап}$ до значения, меньшего $1/3U_{пит}$, приведет к установке таймера в состояние, когда на выходе (вывод 3) имеется напряжение высокого уровня. При этом последующее повышение напряжения на входе $U_{зап}$ до значения $1/3U_{пит}$ и выше не изменит состояния

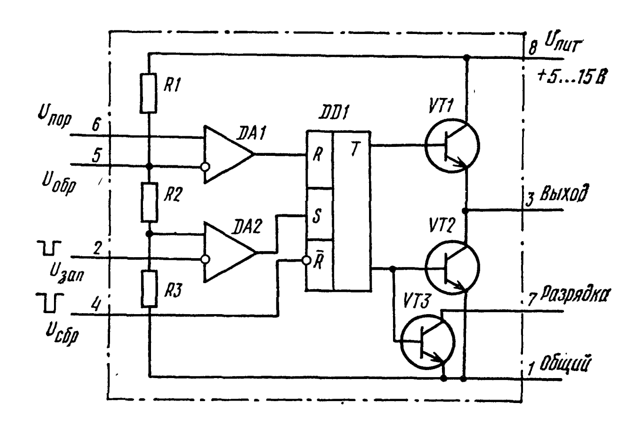


Рис. 49. Функциональная схема интегрального таймера КР1006ВИ1

таймера. Если затем повысить напряжение на выходе $U_{пор}$ до значения больше $2/3U_{пит}$, то сработает триггер DD1 и на выходе таймера установится напряжение низкого уровня, которое будет сохраняться при любых последующих изменениях напряжения на входе $U_{пор}$. Этот режим работы таймера обычно используют при построении реле времени, ждущих мультивибраторов. При этом вход $U_{пор}$ подключают к одной из обкладок конденсатора времязадающей цепи, а по входу $U_{зап}$ производят запуск таймера подачей короткого импульса отрицательной полярности. Если необходимо создать автоколебательный мультивибратор, то оба входа объединяют. Транзистор VT3 служит для разрядки времязадающего конденсатора. При появлении напряжения высокого уровня на выводе 3 таймера этот транзистор открывается и соединяет обкладку конденсатора с общим проводом.

Если на запускающем входе напряжение не превышает $1/3U_{пит}$, то повышение напряжения на входе $U_{пор}$ выше $2/3U_{пит}$ приведет к появлению низкого напряжения на выходе таймера, а понижение напряжения на этом входе ниже $2/3U_{пит}$ установит высокое напряжение на выходе. Таким образом, в данном случае таймер работает как обычный компаратор и может быть использован в устройствах регулирования температуры, автоматического включения освещения и др.

Если на входе $U_{пор}$ напряжение превышает $2/3U_{пит}$, то на выходе таймера будет низкое напряжение независимо от значения напряжения на входе $U_{зап}$.

В заключение следует отметить, что напряжение питания таймера может находиться в пределах 5 ... 15 В. Максимальный выходной ток таймера равен 100 мА. Это позволяет использовать в качестве нагрузки электромагнитное реле. Вывод 5 служит для контроля значения образцового напряжения, а также для возможного изменения его значения путем подключения внешних резисторов. Для уменьшения возможного действия помех этот вход обычно соединяют с общим проводом через конденсатор емкостью 0,01 ... 0,1 мкФ. Вход $U_{сбр}$

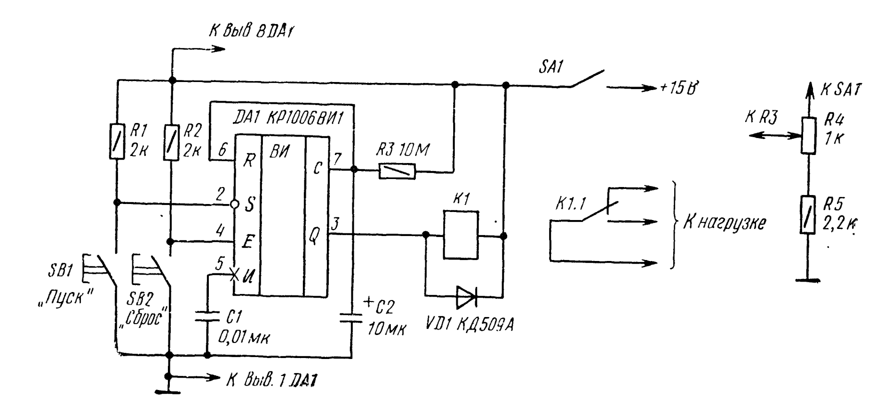


Рис. 50. Реле времени на интегральном таймере, КР1006ВИ1

Рис. 51. Схема узла для регулирования выдержки времени

(вывод 4) позволяет устанавливать на выходе низкое напряжение независимо от сигналов на остальных входах. Для этого на вывод 4 следует подать напряжение низкого уровня. Последующее повышение напряжения на этом входе до напряжения высокого уровня приводит к установлению на выходе таймера состояния, которое было до подачи низкого напряжения на вход 4 (имеется в виду, что времязадающая цепь не подключена). Если этот вход не используется, его следует соединить с выводом 8. В схемах реле времени вход $U_{сбр}$ часто используют для установки таймера в исходное состояние, соответствующее закрытому транзистору VT3.

На рис. 50 представлена схема реле времени с использованием интегрального таймера. После подачи питания на устройство на выводе 2 установится высокое напряжение, а на выводе 6 — низкое (поскольку конденсатор С2 разряжен). На выходе таймера (вывод 3) при этом будет также низкое напряжение, через обмотку реле К1 течет ток, и разрядный транзистор таймера открыт — конденсатор С2 не может заряжаться. В таком состоянии таймер может находиться сколь угодно долго. Отсчет времени начинается с момента нажатия кнопки SB1 «Пуск». Поступающий при этом на вывод 2 отрицательный перепад напряжения переключает внутренний триггер таймера в противоположное состояние, на выводе 3 появляется напряжение высокого уровня, реле К1 отпускает, а разрядный транзистор таймера закрывается. Начинается зарядка конденсатора С2 через резистор R3. Когда напряжение на конденсаторе достигнет порога переключения компаратора высокого уровня (в данном случае оно равно 2/3·15 В = 10 В), на выводе 3 опять установится напряжение низкого уровня, реле К1 сработает, а конденсатор С2 разрядится через внутренний транзистор таймера. Длительность выдержки времени Т можно определить из соотношения $T = 1{,}1R3C2$, при этом время выражено в секундах, емкость — в микрофарадах, сопротивление — в мегаомах. Сопротивление времязадающего ре-

зистора не должно превышать 10 МОм. Емкость ограничивается лишь сопротивлением утечки, значение которой должно превышать значение сопротивления времязадающего резистора по крайней мере на порядок (т. е. в 10 раз). Желательно применять конденсаторы типов К73-17, К76-П2, К53-1, ЭТО, обладающие малыми потерями.

Стабильность выдержки времени определяется в основном стабильностью конденсатора и резистора времязадающей цепи. Стабильность же собственно таймера весьма высокая. Это связано с тем, что изменение температуры в одинаковой степени влияет на сопротивление всех трех резисторов делителя напряжения, которые выполнены на одном кристалле. Изменение напряжения питания также не влияет на время выдержки, поскольку одновременно изменяются и порог срабатывания компаратора, и зарядный ток через конденсатор.

Реле К1 следует выбирать исходя из напряжения питания таймера и тока срабатывания не более 100 мА. Подойдут реле РЭС-10 (паспорт РС4524.302), РЭС-9 (паспорт РС4.524.200).

В данном реле времени не предусмотрена регулировка выдержки времени. Казалось бы, сделать это несложно — достаточно резистор R3 заменить переменным. Однако промышленность выпускает переменные резисторы с номиналом не более 5 МОм. Выход из этого положения можно найти, если регулировать напряжение питания времязадающей цепи. Фрагмент схемы, обеспечивающей такую возможность, показан на рис. 51. Отношение сопротивлений резисторов R4 и R5 выбрано таким образом, чтобы напряжение на движке переменного резистора изменялось от значения, немного большего $2/3U_{пит}$, до $U_{пит}$. Для расширения диапазона выдержек можно изменять емкость времязадающего конденсатора использованием галетного переключателя и батареи конденсаторов.

Стабильность формируемых выдержек данным реле времени достаточно высокая. В экспериментальном экземпляре на диапазоне 5 мин она составляла около ±0,5%, на диапазоне 30 мин — около ±2%. Дальнейшее увеличение выдержки времени приводит к значительному ухудшению ее стабильности и, следовательно, нежелательно. Поэтому для обеспечения больших выдержек времени (более 30 мин) следует идти по пути использования цифровых делителей частоты, а таймер использовать в качестве задающего генератора.

Принципиальная схема такого реле времени показана на рис. 52. На микросхеме DA1 выполнен мультивибратор, вырабатывающий задающие импульсы стабильной частоты 1 Гц или 1/60 Гц; на микросхеме DD1 — двоичный счетчик с коэффициентом деления 128; на микросхеме DD2 — генератор звуковой частоты.

Выбор диапазона выдержки времени (секунды или минуты) производится переключателем SB2, установка времени выдержки — выключателями SA1—SA8. С их помощью можно набрать любое число от 1 до 255. Таким образом, наибольшая выдержка составляет 255 мин.

Прежде чем рассмотреть работу реле времени, познакомимся с особенностями микросхемы К561ИЕ10. Она состоит из двух одинаковых четырехразрядных счетчиков-делителей, связанных только общим питанием. Каждый счетчик

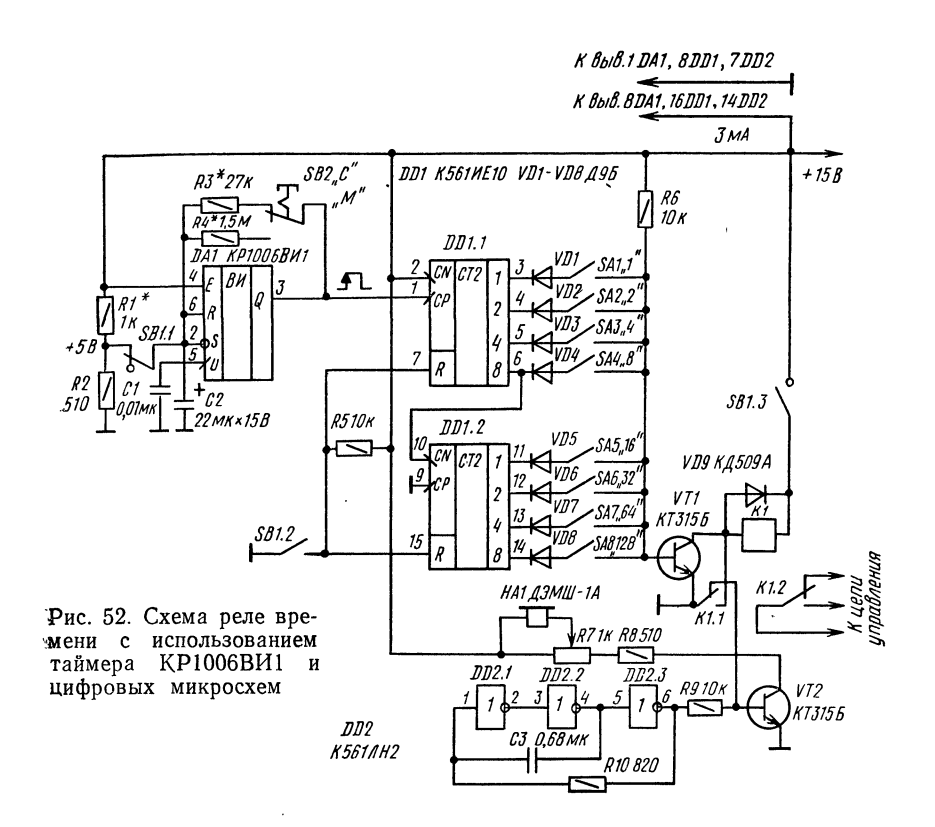


Рис. 52. Схема реле времени с использованием таймера КР1006ВИ1 и цифровых микросхем

имеет два счетных входа CP и CN, вход R принудительной установки нулей на выходах и выходы от каждого из четырех разрядов (рис. 53, *а*).

Когда на входе CN имеется напряжение низкого уровня либо на входе CP напряжение высокого уровня, входные импульсы, поданные на второй вход, не изменяют состояния счетчика. Для обеспечения режима счета необходимо на вход CN подать разрешающее напряжение высокого уровня (при этом входные импульсы поступают на вход CP) либо поддерживать напряжение низкого уровня на входе CP, а входные импульсы подавать на вход CN. Когда счет импульсов производится по входу CP, переключение первого триггера счетчика происходит по фронту счетных импульсов, при счете по входу CN — по спаду счетных импульсов (рис. 53, *б*). Остальные разряды счетчика переключаются по спаду импульсов выходных сигналов предыдущих разрядов. Максимальная частота счета 20 МГц.

Рассмотрим работу реле времени (рис. 52). Для запуска устройства нажимают кнопочный выключатель с фиксацией положения SB1. Начинает работать мультивибратор, на входы R подается сигнал разрешения счета и счетчики DD1.1, DD1.2 заполняются импульсами. Допустим, что установлена вы-

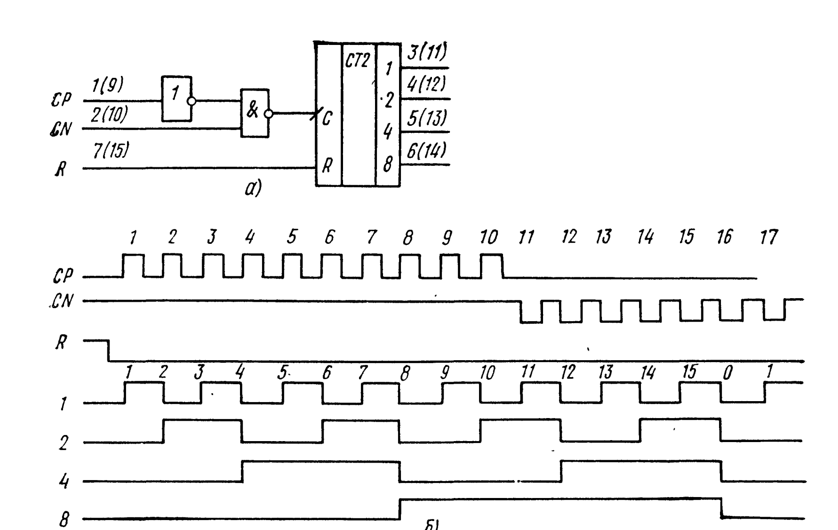


Рис. 53. Микросхема К561ИЕ10:

а — логическая структура; *б* — временная диаграмма (числа в скобках обозначают выводы второго счетчика в корпусе микросхемы)

держка времени 22 с. Это достигается замыканием контактов выключателей SA2, SA3, SA5 (2+4+16=22) Поскольку в исходном состоянии счетчиков на всех их выходах низкое напряжение, диоды VD1—VD8 открыты, а транзисторы VT1, VT2 закрыты, реле K1 обесточено. Диоды VD1—VD8 реализуют операцию логического сложения, т. е. транзистор VT1 откроется тогда, и только тогда, когда на выводах 4, 5, 11 микросхемы DD1 установится напряжение высокого уровня. При этом сработает реле K1, контактами K1.1 самоблокируется и одновременно отключит базу транзистора VT2 от общего провода. В звуковом излучателе HA1 будет слышен сигнал, свидетельствующий об окончании выдержки времени. Громкость сигнала регулируется переменным резистором R7.

Следует заметить, что в счетчике DD1.1 счетные импульсы подаются на вход CP, а в счетчике DD1.2 — на вход CN.

В исходное состояние устройство возвращают переключением контактов SB1 в первоначальное положение.

Несколько слов о назначении делителя напряжения R1R2. Как следует из логики работы интегрального таймера КР1006ВИ1, в процессе работы мультивибратора напряжение на времязадающем конденсаторе C2 изменяется в пределах 1/3 ... 2/3 напряжения питания, т. е. от 5 до 10 В. Поэтому в исходном состоянии конденсатор C2 должен быть заряжен до одного из этих напряжений, чтобы длительность первого сформированного мультивибратором импульса не отличалась от длительности последующих. В данном случае конденсатор

заряжается до напряжения 5 В, которое подается на конденсатор C2 с делителя R1R2 через замкнутые контакты переключателя SB1.1.

В устройстве использованы постоянные резисторы МЛТ-0,25. Переменный резистор R7 — СП-0,4 и СП-1 или любой другой. Конденсатор C2 — типа К53-1, К53-4, ЭТО; главное требование — чтобы он обладал малым током утечки и высокой стабильностью емкости при изменении температуры. Конденсаторы C1, C3 — типа КМ-6б, КЛС. Транзисторы VT1, VT2 — любые из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ603, КТ608, КТ3117. Диоды VD1—VD8 — любые из серий Д9, Д311. Они обязательно должны быть германиевыми, поскольку только германиевый переход характеризуется малым прямым падением напряжения: 0,3 ... ... 0,5 В. Это обеспечивает надежное закрывание кремниевого транзистора VT1. Использование кремниевых диодов недопустимо из-за большого прямого падения напряжения на них (1 ... 1,5 В). Диод VD9 может быть типов Д220, Д223, КД503, КД509. Реле K1 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или РЭС-15 (паспорт РС4.591.004). Звуковой излучатель HA1 — любого типа с сопротивлением обмотки постоянному току 100 ... 200 Ом, например ВП-1, ДЭМШ-1А, ТК-67. Переключатели SB1, SB2 — типа П2К с фиксацией положения; SA1—SA8 — типа П1Т-1.

Налаживание реле времени состоит в подборе напряжения 5 В в точке соединения резисторов R1 и R2 с помощью резистора R1, а также в установлении периода следования импульсов мультивибратора равным 1 с или 1 мин резисторами R3 и R4 соответственно. В макетном экземпляре реле времени максимальная погрешность выдержки времени на пределе 255 мин составила 0,2 ... 0,3%.

Для расширения пределов выдержки времени следует или увеличить период колебаний мультивибратора, или применить дополнительные делители частоты.

Карманный электронный секундомер

Карманный электронный секундомер позволяет производить отсчет текущего времени от 1 до 99 с в диапазоне «Секунды» и от 1 до 99 мин в диапазоне «Минуты». Кроме того, устройство генерирует случайные числа в диапазоне 1 ... 99.

Принципиальная схема секундомера представлена на рис. 54. На микросхеме DD1 выполнен генератор импульсов, частота которых стабилизирована кварцевым резонатором Z1, а также делители частоты. На выходе M (вывод 10 микросхемы) импульсы следуют с периодом 1 мин, на выходе S1 (вывод 4) — с периодом 1 с, на выходе F (вывод 11) — с частотой 1024 Гц.

Если контакты выключателя SB1 «Пуск» разомкнуты, то все делители микросхемы DD1 находятся в исходном состоянии и импульсы на выходах M, S1, F отсутствуют. При замыкании контактов этого выключателя на указанных выходах появляются импульсы. На схеме показано такое положение контактов кнопочных переключателей SB2 и SB3, при котором на счетный вход микросхемы DD2 поступают импульсы с периодом следования 1 мин.

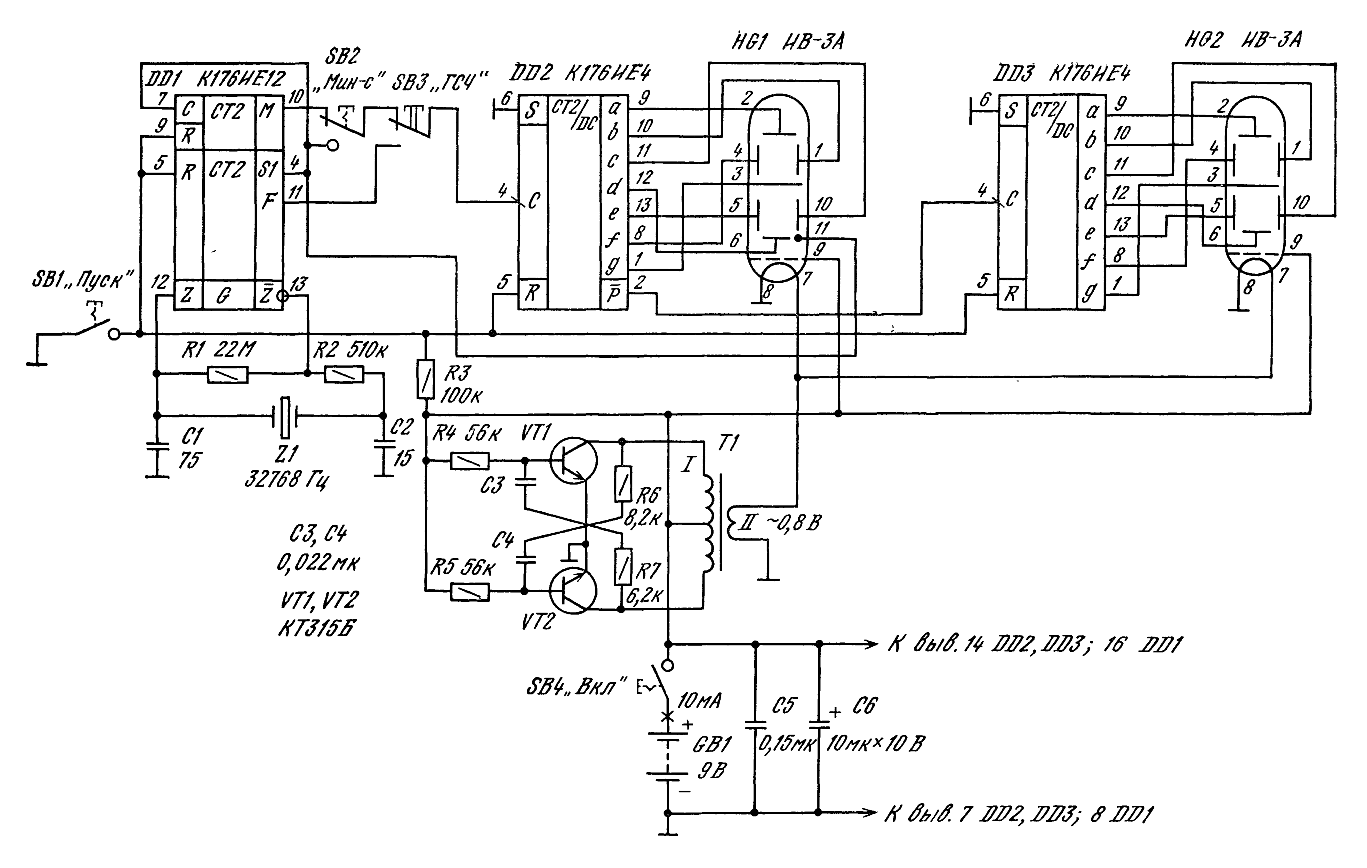


 Рис. 54. Принципиальная схема карманного электронного секундомера

Микросхема К176ИЕ4 (DD2, DD3) содержит двоичный декадный счетчик и преобразователь его состояний в сигналы управления семисегментным индикатором. Триггеры декады устанавливаются в нулевое состояние при подаче напряжения высокого уровня на вход R, а переключаются спадами импульсов, поступающих на вход C. На выходах a—g формируются выходные сигналы, обеспечивающие на семисегментном индикаторе свечение цифр, соответствующих состоянию декады. При подаче напряжения низкого уровня на управляющий вход S состояние декады определяется напряжением высокого уровня на выходах a—g, а при подаче напряжения высокого уровня на вход S — напряжением низкого уровня на выходах a—g. Такое переключение уровней выходных сигналов расширяет область применения микросхемы. Выход $\overline{P}$ микросхемы — выход переноса, на котором в момент перехода декады из состояния 9 в состояние 0 формируется отрицательный перепад напряжения. Этот выход служит для связи с последующими разрядами.

Таким образом, при подаче на вход C микросхемы DD2 минутных импульсов цифровые семисегментные люминесцентные индикаторы отображают текущее время в минутах: HG1 — единицы минут, HG2 — десятки минут.

При нажатии кнопки SB3 «ГСЧ» (генератор случайных чисел) на вход микросхемы DD2 поступают импульсы с частотой 1024 Гц. За время удержания кнопки (1 ... 3 с) счетчики DD2, DD3 неоднократно переполняются, поэтому индикаторы после отпускания кнопки высвечивают случайное число.

Для индикации режима работы секундомера на анод разделительной точки индикатора HG1 (вывод 11) подаются секундные импульсы с выхода S1 микросхемы DD1, поэтому при нажатой кнопке SB1 «Пуск» точка на индикаторе мигает с периодом 1 с.

Аноды и сетки цифровых индикаторов питаются напряжением 9 В, а нити накала индикаторов — переменным напряжением 0,8 В с выхода преобразователя напряжения. Преобразователь напряжения, выполненный на транзисторах VT1, VT2 и трансформаторе T1, представляет собой симметричный автоколебательный мультивибратор. Его частота определяется в основном сопротивлениями резисторов R6, R7 и числом витков обмотки I трансформатора T1. В данном случае частота составляет около 6 ... 8 кГц. Ток, потребляемый преобразователем под нагрузкой от источника питания, равен 10 ... 15 мА. В принципе питание нитей накала можно осуществлять от источника напряжением 9 В через ограничительный резистор, однако экономичность такого секундомера была бы значительно хуже (нить накала одного индикатора потребляет ток 45 ... 55 мА).

О деталях секундомера. Используемые микросхемы аналогов в других сериях не имеют. Цифровые индикаторы ИВ-3А можно заменить на ИВ-6, однако последние имеют несколько бóльшие габаритные размеры и ток нити накала. Транзисторы VT1 и VT2 — любые из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ3117. Резисторы — типа МЛТ-0,25. Конденсаторы C1, C2 — типов КТ, К10-7, К10-23; C3—C5 — КЛС, КМ-6, К10-23; C6 — К50-6, К50-16, К50-12. Трансформатор T1 намотан на ферритовом кольце К10×6×3 с магнитной проницаемо-

стью 600 ... 1000. Обмотка I содержит 420 витков провода ПЭВ-2 0,10 с отводом от середины; обмотка II содержит 35 витков провода ПЭВ-2 0,17. Выключатели SB1, SB4 и переключатели SB2, SB3 — типа П2К: SB1, SB2, SB4 — с фиксацией положения, SB3 — без фиксации.

Секундомер собран на отрезке универсальной печатной платы (рис. 16, *а*), монтаж выполнен проводами. Корпусом служит уже упоминавшаяся выше пластмассовая коробка для рыболовных принадлежностей размерами 120×70×20 мм (рис. 55).

В налаживании секундомер не нуждается.

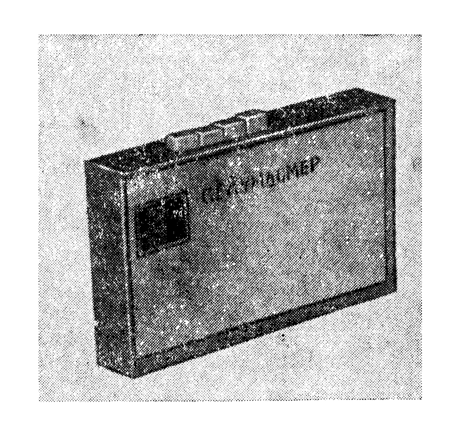


Рис. 55. Внешний вид секундомера

Преобразователь напряжения для электробритвы

Данное устройство позволяет питать в полевых условиях электроприборы, рассчитанные на напряжение сети 220 В (электробритва, электропаяльник, электрощипцы для завивки волос и др.), мощностью до 20 Вт. Источником питания служит аккумуляторная батарея или генератор постоянного тока напряжением 12 В.

Преобразователь напряжения (рис. 56) выполнен по схеме симметричного мультивибратора. Его частота в основном определяется сопротивлениями резисторов R2 и R4, а также числом витков обмотки I трансформатора T1. Для указанных на схеме номиналов резисторов R2, R4 и приведенных ниже пара-

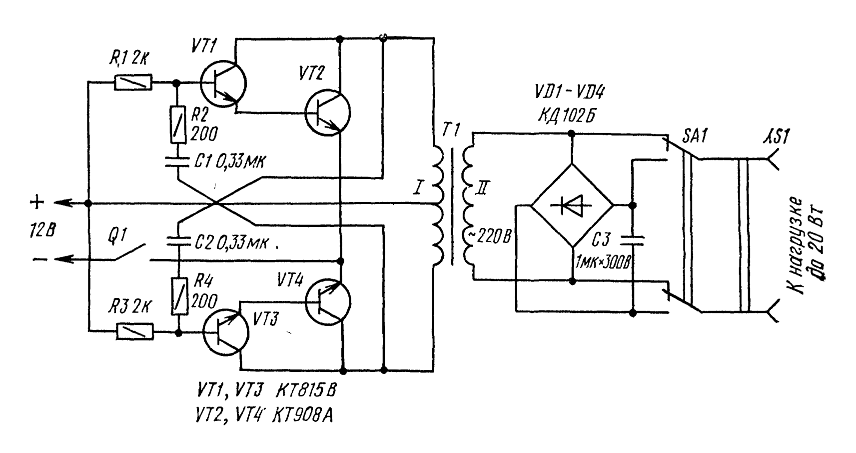


Рис. 56. Принципиальная схема преобразователя напряжения

метров трансформатора T1 частота преобразования равна 20 ... 25 кГц (под нагрузкой). Применение составных транзисторов VT1VT2 и VT3VT4 позволило использовать резисторы смещения R1 и R3 достаточно большого сопротивления, что повышает экономичность устройства.

Высокое напряжение вторичной обмотки трансформатора T1 выпрямляется мостовым выпрямителем VD1—VD4 пульсации сглаживаются конденсатором C3. В зависимости от положения контактов переключателя SA1 в нагрузку подается постоянное или переменное напряжение. Если нагрузка допускает питание как переменным, так и постоянным напряжением (электропаяльник), то ее следует питать переменным напряжением — в этом случае на диодах VD1—VD4 не рассеивается мощность и экономичность преобразователя выше. Некоторые же электроприборы допускают питание только постоянным напряжением.

Транзисторы VT1, VT3 могут быть любыми из серий КТ815, КТ817, КТ608; VT2, VT4 могут быть также типов КТ805, КТ903 (с любыми буквами). Выпрямительные диоды должны быть рассчитаны на работу в цепях высокой частоты (до 30 кГц), иметь обратное напряжение не менее 300 В и выпрямленный ток не менее 0,1 А. Помимо указанных на схеме можно использовать диоды КД212 (А, Б), КД213 (А—В), при этом в каждое плечо выпрямительного моста следует включать два последовательно соединенных диода, зашунтированных резисторами сопротивлением 100 ... 200 кОм, мощностью 0,25 Вт (резисторы необходимы для уравнивания обратных напряжений на диодах одного плеча). Конденсаторы C1, C2 — типа КМ-6, КЛС, К10-23; C3 — типа МБМ, МБГО, КБГ-МН. Резисторы — МЛТ-0,25. Переключатель SA1 — тумблер ТП1-2, выключатель Q1 — тумблер ТВ2-1, ТП1-2.

Трансформатор T1 намотан на ферритовом кольцевом магнитопроводе М3000НМ типоразмера К28×16×9. Обмотка I содержит 20 витков с отводом от середины, ее следует мотать в три провода ПЭВ-2 0,41 (это сделано для возможно более полного использования сечения провода на высокой частоте). Обмотка II содержит 190 витков провода ПЭВ-2 0,31.

Преобразователь собран в любом подходящем корпусе. Около транзисторов VT2, VT4 следует предусмотреть отверстия для свободной циркуляции воздуха. В процессе работы транзисторы нагреваются до температуры 60 ... 80° С. Они установлены на плату без радиаторов.

Тринисторные регуляторы мощности

Предположим, у вас есть электроплитка, а мощность ее не регулируется. Вот и горит спираль в полный накал тогда, когда достаточно и четверти номинальной мощности, бессмысленно расходуя драгоценные киловатт-часы. Выход есть — сделать к электроплитке регулятор мощности. Схема первого варианта регулятора представлена на рис. 57. Он позволяет регулировать мощность в нагрузке, рассчитанной на включение в сеть напряжением 220 В, от 5 ... ... 10 до 97 ... 99% номинальной мощности. Коэффициент полезного действия регулятора не менее 98%.

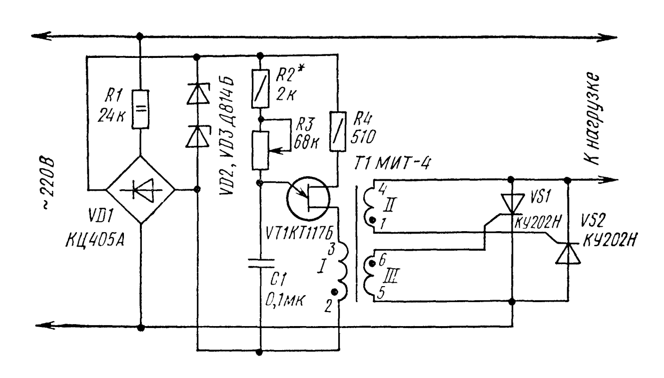


Рис. 57. Схема регулятора мощности для электроплитки

Регулирующие элементы устройства — тринисторы VS1 и VS2 — включены последовательно с нагрузкой. Изменение мощности, потребляемой нагрузкой, достигается изменением угла открывания тринисторов.

Узел, обеспечивающий изменение угла открывания тринисторов, выполнен на однопереходном транзисторе VT1. Конденсатор C1, соединенный с эмиттером транзистора, заряжается через резисторы R2 и R3. Как только напряжение на обкладках конденсатора достигнет определенного значения, однопереходный транзистор откроется, через обмотку I трансформатора T1 пройдет короткий импульс тока. Импульсы с обмотки II или III трансформатора откроют тринистор VS1 или VS2 — в зависимости от фазы сетевого напряжения, и с этого момента до конца полупериода через нагрузку будет протекать ток. Изменяя сопротивление резистора R3, можно регулировать скорость зарядки конденсатора C1 и, следовательно, угол открывания тринисторов и среднюю мощность в нагрузке.

Узел регулирования угла открывания тринисторов питается от двухполупериодного выпрямителя, выполненного по мостовой схеме (VD1). Напряжение на однопереходном транзисторе ограничено стабилитронами VD2, VD3. Конденсатор фильтра здесь отсутствует — в нем нет необходимости.

Однопереходный транзистор КТ117 можно применять с буквами А и Б. Можно использовать также аналог однопереходного транзистора, выполненный на двух биполярных транзисторах разной структуры (см. рис 39). Мостовой выпрямитель VD1 может быть типов КЦ402, КЦ405 с любыми буквами. Можно также применить четыре диода типов Д226, Д310, Д311, Д7 с любыми буквами, включив их по схеме выпрямительного моста. При замене тринисторов VS1, VS2 на другие типы следует помнить, что они должны быть рассчитаны на подачу как прямого, так и обратного напряжения не менее 400 В. Трансформатор T1 — типа МИТ-4 или МИТ-10. Самодельный трансформатор можно выполнить на ферритовом кольцевом магнитопроводе М2000НМ, типоразмер К20×10×6. Все обмотки выполнены проводом ПЭВ-1 0,31 и содержат 40 витков. Намотка ведется одновременно в три провода, причем витки равномерно

распределяются по телу кольца магнитопровода. Одноименные выводы обмоток на схеме обозначены точками.

Тринисторы VS1 и VS2 устанавливают на радиаторы с поверхностью охлаждения не менее 200 см^2 каждый. При этом максимальная мощность нагрузки может составлять 2 кВт.

Настройка регулятора мощности заключается в подборе сопротивления резистора R2 по максимальной мощности в нагрузке. Резистор R3 при этом временно замыкают проволочной перемычкой. Момент отдачи в нагрузку максимальной мощности лучше всего контролировать по осциллографу. В случае применения самодельного трансформатора T1 следует подобрать нужную полярность подключения выводов обмоток, которая должна соответствовать обозначенной на схеме.

Регулятор мощности можно использовать также совместно с маломощными электропечами, лампами накаливания и другими активными нагрузками.

Описанному тринисторному регулятору мощности присущи недостатки.

Во-первых, с изменением температуры в корпусе регулятора (а она будет в процессе работы увеличиваться из-за нагрева тиристоров) будет изменяться емкость конденсатора C1. Это приведет к изменению угла открывания тринисторов, а также к изменению мощности в нагрузке. Чтобы в какой-то степени устранить этот недостаток, необходимо применять конденсатор C1 с небольшими значениями ТКЕ (температурного коэффициента емкости), например K73-17, K73-24.

Во-вторых, тринисторный стабилизатор наводит высокий уровень помех в питающей сети. Эти помехи возникают в моменты скачкообразного включения тринистора. Коммутационные помехи не только распространяются через сеть, вызывая неустойчивую работу различных приборов (электронных часов, вычислительных машин и пр.), но и мешают нормальной работе некоторых устройств, гальванически не связанных с сетью (так, в радиоприемнике, находящемся недалеко от тринисторных регуляторов, слышен треск помех). Поэтому уменьшение коммутационных помех в тринисторных регуляторах мощности является важной задачей.

Наиболее доступным способом снижения помех является такой способ регулирования, при котором переключение тринистора происходит в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. При этом мощность в нагрузке можно регулировать числом полных полупериодов, в течение которых через нагрузку протекает ток. Недостатком такого способа регулирования по сравнению с традиционными являются большие колебания мгновенных значений мощности в нагрузке в течение периода регулирования, который значительно больше периода синусоидального напряжения и может достигать нескольких секунд. Однако для таких инерционных потребителей энергии, как электрическая печь, утюг, электроплитка, мощный электромотор, этот недостаток не является определяющим.

На рис. 58 представлена схема регулятора.

Работой тринисторного ключа VS1, подающего питание к нагрузке, управляет счетчик К155ИЕ8 (DD2), представляющий собой делитель частоты с пе-

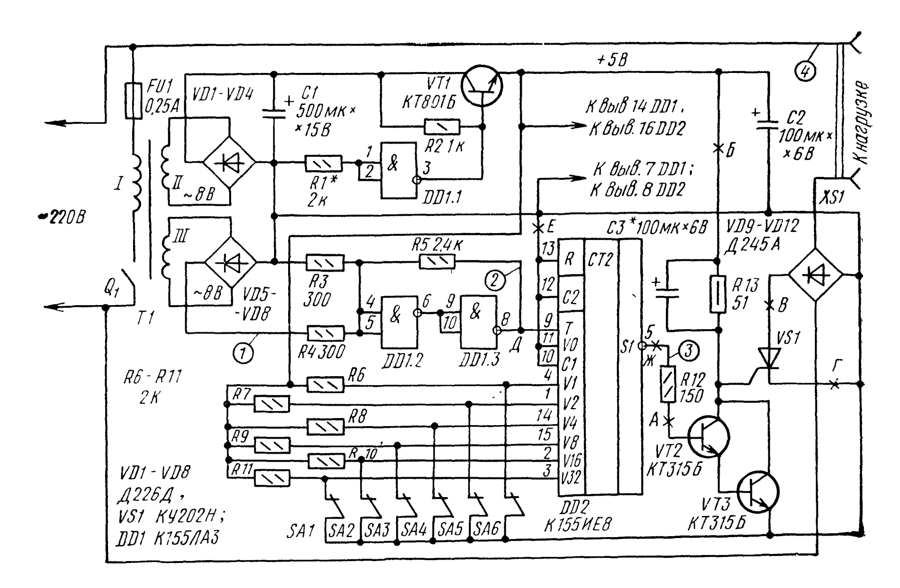


Рис. 58. Схема регулятора мощности с цифровым управлением

ременным коэффициентом деления. Подачей сигналов 1 или 0 на входы V1, V2, V4, V8, V16 и V32 счетчика формируют соответствующую импульсную последовательность на выходе S1. Полный период работы счетчика состоит из 64 импульсов. Если, например, на эти входы подать уровни 1, 0, 0, 1, 1, 0, для чего надо разомкнуть соответственно контакты выключателей SA6, SA3, SA2, то на выходе S1 счетчика сформируется 25 импульсов за цикл (1+8+16=25). Число импульсов определяет мощность, выделяемую в нагрузке регулятора. Требуемый режим работы счетчика обеспечен сигналами логического 0 на входах V0, R, C1 и C2.

Тактовые импульсы частотой 100 Гц, управляющие работой счетчика, формируют логические элементы DD1.2 и DD1.3 из пульсирующего напряжения, снимаемого с выхода выпрямительного моста VD5—VD8. Электронный ключ образован составным транзистором VT2VT3, тринистором VS1 и диодным мостом VD9—VD12. Когда на выходе S1 счетчика уровень логического 0, составной транзистор закрыт, тринистор в это время открыт током через резистор R13 и через нагрузку, подключенную к соединителю XS1, протекает ток. Тринистор включен в диагональ выпрямительного моста VD9—VD12, поэтому через нагрузку протекает переменный ток.

Временные диаграммы напряжения в различных точках регулятора мощности показаны на рис. 59.

Конденсатор C3 необходим для обеспечения открывания тринистора VS1 точно в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. Дело в том, что спад прямоугольных импульсов на выходе формирователя (диаграмма 2) не совпадает с моментом перехода сетевого напряжения через нуль (диаграмма 1).

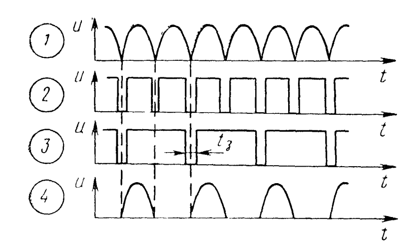


Рис. 59. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу регулятора мощности

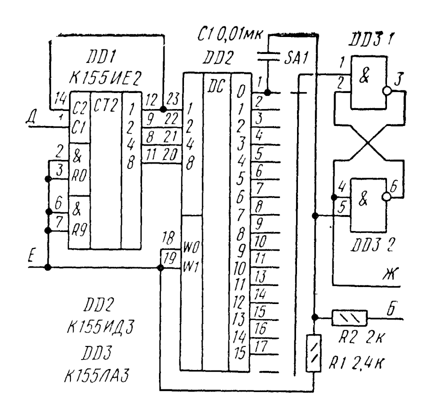


Рис. 60. Схема варианта управляющей части регулятора

Объясняется это тем, что напряжение переключения элементов DD1.2, DD1.3 больше нуля. Конденсатор С3 обеспечивает задержку включения тринистора на время $t_з$ и тем самым исключает преждевременное его включение.

Микросхемы и мощный ключ питает двухполупериодный выпрямитель на диодах VD1—VD4 со стабилизатором напряжения на транзисторе VT1. Функцию образцового стабилитрона выполняет логический элемент DD1.1.

Микросхему К155ЛА3 можно заменить на К158ЛА3; транзистор КТ801Б — на КТ603, КТ604, КТ807, КТ815 с любым буквенным индексом; транзисторы КТ315Б — на любые из серий КТ312, КТ315. Диоды VD1—VD4 — любые на выпрямленный ток не менее 100 мА; VD5—VD8 — любые из серий Д9, Д220, Д223, Д226, Д311. Мощные диоды Д245А можно заменить на Д245, Д246, Д247, Д248 с любыми буквенными индексами. Оксидные конденсаторы — К50-6, К50-3, К50-12, резисторы — МЛТ, выключатели Q1, SA1—SA6 — тумблеры ТВ2-1, Т1, ТП1-2, П1Т, МТ и др.

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ20×20. Обмотка I содержит 2000 витков провода ПЭВ-2 0,11, обмотка II — 75 витков провода ПЭВ-2 0,25, обмотка III — 75 витков ПЭВ-2 0,15. Тринистор VS1 устанавливают на теплоотводе с эффективной площадью охлаждения не менее 200 см², диоды VD9—VD12 — на отдельных теплоотводах с поверхностью не менее 50 см² каждый, транзистор VT1 — на теплоотводе с поверхностью 10... ... 20 см².

При налаживании сначала, отключив временно микросхему DD2, подборкой резистора R1 устанавливают на выходе стабилизатора напряжение, равное 5 В. Затем к соединителю XS1 подключают нагрузку и с помощью осциллографа проверяют форму напряжения в различных точках регулятора (она должна соответствовать рис. 59) и подбирают конденсатор С3 такой емкости, чтобы обеспечить требуемое время задержки. При отсутствии осциллографа

этот конденсатор подбирают по минимальному уровню помех в малогабаритном радиовещательном приемнике, размещенном возле проводов цепи нагрузки.

Максимальная мощность нагрузки 2 кВт.

В данном устройстве мощность регулируют выключателями SA1—SA6. Если же вместо них установить бесконтактные ключи, например транзисторные, тогда для управления мощностью можно применять цифровые сигналы ЭВМ. Это позволяет использовать регулятор в различных системах автоматического управления технологическими процессами.

Схема возможного варианта управляющей части регулятора с использованием двоично-десятичного счетчика К155ИЕ2 и дешифратора-демультиплексора К155ИД3 представлена на рис. 60. Работает этот узел следующим образом. При подаче импульсов частотой 100 Гц на вход С1 счетчика DD1 на выходах дешифратора DD2 последовательно появляется сигнал логического 0. При таком же сигнале на выходе 0 дешифратора RS-триггер, собранный на логических элементах DD3.1, DD3.2, установится в состояние, соответствующее прохождению тока через нагрузку. Через несколько полупериодов сигнал логического 0 появится на одном из выходов дешифратора. Этот сигнал через подвижный контакт галетного переключателя SA1 будет подан на второй вход RS-триггера (вывод 1 элемента DD3.1), переключит его в другое состояние, отчего ток через нагрузку прекратится.

Чем ниже (по схеме) находится подвижный контакт переключателя SA1, тем бо́льшая средняя мощность будет выделяться на нагрузке. При крайнем нижнем положении подвижного контакта переключателя RS-триггер переключаться не будет и нагрузка окажется включенной постоянно. При крайнем верхнем положении этого контакта триггер также не переключится, но в этом случае его состояние будет противоположным предыдущему, и нагрузка окажется выключенной. Таким образом, мощность в нагрузке можно регулировать ступенчато через 10% ее максимального значения.

Счетчик К155ИЕ2 можно заменить на К155ИЕ5, тогда период работы регулятора будет состоять не из 10, а из 16 тактовых импульсов, что позволит регулировать мощность более плавно. При этом не обязательно использовать переключатель SA1 на 17 положений — в области максимальных значений мощности можно использовать не все выходы дешифратора, а, скажем, через один.

На рис. 61 представлена еще одна схема регулятора мощности с малым уровнем помех (первый вариант). Основные отличия от описанного выше регулятора состоят в следующем. Во-первых, регулирование мощности осуществляется с помощью переменного резистора. Во-вторых, регулирование мощности выполняется менее плавно, чем в предыдущем устройстве. В-третьих, данное устройство проще.

Работает регулятор следующим образом. Импульсы выпрямленного напряжения сети с мостового выпрямителя VD6 через делитель R1R3 поступают на вход формирователя, выполненного на логических элементах-инверторах DD1.4, DD1.5 и резисторах R2, R5. Формирователь работает так же, как триггер Шмитта (см. рис. 41), поэтому на выходе элемента DD1.6 присутствуют пря-

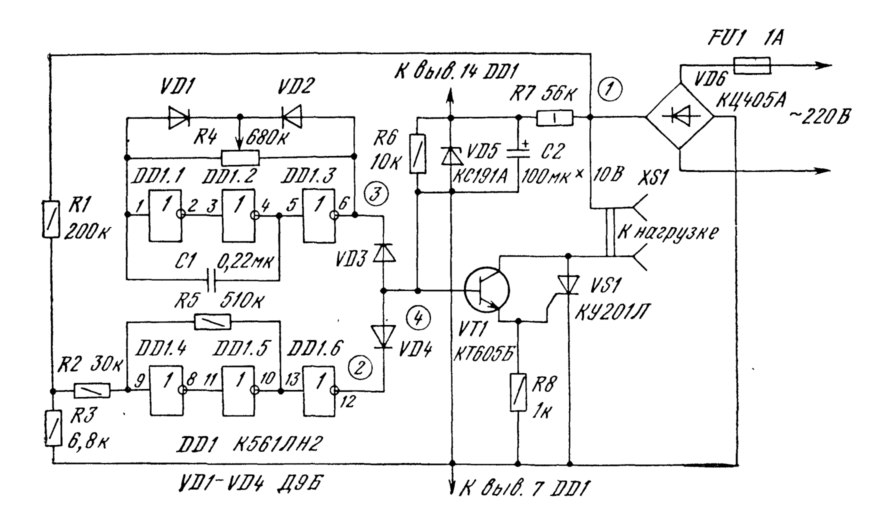


Рис. 61. Регулятор мощности с малым уровнем помех (первый вариант)

моугольные импульсы частотой 100 Гц (рис. 62, эпюра 2). Импульсы формируются при приближении сетевого напряжения к нулю.

На логических элементах DD1.1—DD1.3 выполнен генератор прямоугольных импульсов частотой около 10 Гц. Скважность импульсов регулируется переменным резистором R4 (рис. 62, эпюра 3).

Импульсы формирователя и генератора суммируются через диоды VD3, VD4 на базе транзистора VT1. Транзистор VT1 открывается в том случае, когда на выходах логических элементов DD1.3 и DD1.6 имеется напряжение высокого уровня. Таким образом, транзистор VT1, а следовательно, и тринистор VS1 открыты в течение полупериодов сетевого напряжения, соответствующих нали-

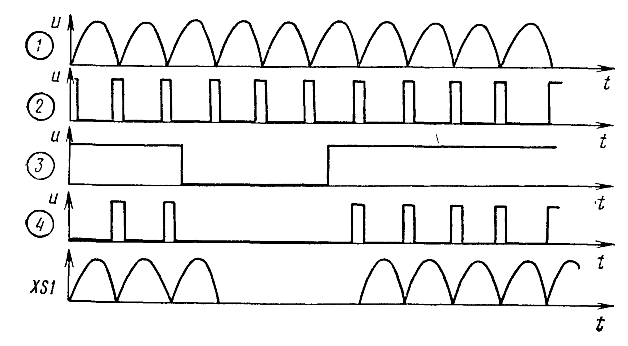


Рис. 62. Временные диаграммы работы регулятора мощности

чию напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD1.3. Изменяя скважность импульсов генератора, можно управлять соотношением числа полупериодов открытого и закрытого состояний тринистора VS1, т. е. средней мощностью в нагрузке (см. рис. 62).

Если частота генератора 10 Гц, то число ступеней (уровней) регулирования мощности составляет 100 : 10 = 10. Мощность в нагрузке пульсирует с частотой 10 Гц, поэтому лампу накаливания нельзя использовать в качестве нагрузки (пульсации яркости будут заметны глазу). Если, допустим, увеличить частоту генератора до 20 Гц, то число ступеней регулирования уменьшится до 5, но зато возрастет частота пульсаций мощности в нагрузке.

Микросхемы питаются от параметрического стабилизатора R7VD5, пульсации сглаживаются конденсатором C2.

Микросхему К561ЛН2 можно заменить микросхемой К561ЛН1 или двумя микросхемами К561ЛА7, а также соответствующими аналогами из серии К176.

Максимальная мощность нагрузки составляет 200 Вт. Если ее необходимо увеличить, следует использовать тринистор VS1, выпрямительный мост VD6 и предохранитель FU1 на больший рабочий ток. Однако при этом на диодах моста будет выделяться значительная тепловая мощность. Целесообразнее было бы в качестве регулирующего элемента использовать симистор (тогда не понадобится силовой выпрямительный мост), однако для управления симистором придется кардинально переделать схему формирования управляющих импульсов и применить для питания трансформатор, что усложнит устройство. Поэтому было решено использовать тринистор, встречно-параллельно которому включен диод. Схема такого регулятора показана на рис. 63 (второй вариант). Тринистор VS1 должен быть типа КУ202Н.

На логических элементах DD1.1, DD1.2 выполнен триггер Шмитта, а на логических элементах DD1.3—DD1.4 — генератор. Поскольку управление тринистором VS1 необходимо осуществлять не в каждом полупериоде, а в каждом

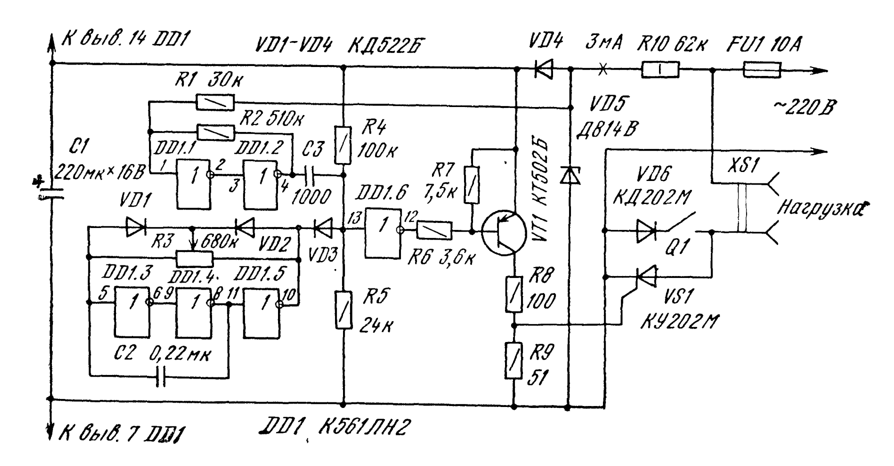


Рис. 63. Регулятор мощности с малым уровнем помех (второй вариант)

втором полупериоде, когда к электродам тринистора приложено прямое напряжение, на вход триггера Шмитта (правый по схеме вывод резистора R1) поступают импульсы с частотой 50 Гц, на выходе триггера при этом имеется меандр. На элементах C3, R4, R5 выполнена дифференцирующая цепь, благодаря которой на вход элемента DD1.6 поступают короткие (15...20 мкс) импульсы, соответствующие началу каждого второго полупериода. Кроме того, на вход элемента DD1.6 через диод VD3 поступают импульсы с выхода генератора. На выходе элемента DD1.6 имеются короткие отрицательные импульсы, которые открывают транзистор VT1 и подают ток на управляющий электрод тринистора.

Следует сказать, что в предыдущей схеме регулятора (рис. 61) не было необходимости применять дифференцирующую цепь на выходе триггера Шмитта, поскольку триггер формировал короткие импульсы при достижении сетевым напряжением нуля.

Источник питания микросхемы и цепи управления тринистором выполнен по однополупериодной схеме на элементах R10, VD4, VD5. Благодаря большой скважности импульсов тока, протекающих через управляющий электрод тринистора (скважность равна 50...70), и наличию накопительного конденсатора C1 удалось обеспечить амплитуду импульсов тока через управляющий электрод около 100 мА при среднем токе через резистор R10 около 3 мА.

Выключатель Q1 позволяет выбирать пределы регулирования мощности в нагрузке: при разомкнутых контактах мощность регулируется от нуля до 50%, при замкнутых — от 50 до 100%.

Тринистор VS1 может быть также типа Т112-10. Диод VD6—КД202 с буквами К, М, Р; Д232 (А, Б), Д233 (А, Б), Д246 (А, Б), Д247 (А, Б). Резистор R10 — МЛТ-1 или МЛТ-2.

Выключатель Q1 — тумблеры типов ТВ1, Т1—Т3. Остальные типы деталей — те же, что и в предыдущем варианте.

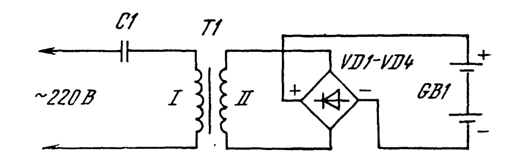
Тринистор VS1 и диод VD6 установлены на едином радиаторе с поверхностью охлаждения около 300 см². Электрическая изоляция их корпусов не требуется, поскольку у тринистора с корпусом соединен анод, а у диода — катод, которые в устройстве электрически соединены.

Мощность нагрузки определяется допустимым прямым током тринистора и диода VD8 и для указанных на схеме типов составляет 2 кВт. Для увеличения мощности до 4 кВт следует применить диод VD8 с прямым током 10 А, а также увеличить вдвое площадь радиатора, использовать предохранитель FU1 на ток 20 А.

Зарядные устройства для автомобильных аккумуляторов

Соблюдение режима эксплуатации аккумуляторных батарей, и в частности режима зарядки, гарантирует их безотказную работу в течение всего срока службы. Зарядку аккумуляторных батарей производят вполне определенным током, значение которого можно определить по формуле $I=0{,}1Q$ для кислотных и $I=0{,}25Q$ для щелочных аккумуляторных батарей, где Q — паспортная элек-

Рис. 64. Упрощенная схема зарядного устройства



трическая емкость аккумуляторной батареи, А·ч; I — средний зарядный ток, А.

Установлено, что зарядка чрезмерно большим током приводит к деформации пластин аккумуляторов и даже разрушению их; зарядка малым током вызывает сульфатацию пластин и снижение емкости аккумуляторной батареи. Зарядный ток, рекомендуемый в инструкции по эксплуатации аккумуляторной батареи, обеспечивает оптимальное протекание электрохимических процессов в ней и нормальную работу в течение длительного времени. Степень заряженности аккумуляторной батареи можно контролировать как по значению плотности электролита и напряжению (для кислотных), так и по напряжению (для щелочных) на полюсных выводах.

Окончание зарядки кислотной аккумуляторной батареи определяют по следующим признакам: напряжение на каждом аккумуляторе батареи достигает 2,5 ... 2,6 В; плотность электролита достигает определенного значения и больше не изменяется; происходит обильное газовыделение — электролит «кипит»; электрическая емкость, сообщенная батарее, на 15 ... 20% больше емкости, отданной в процессе разрядки.

Кислотные аккумуляторные батареи чувствительны к недозарядке и перезарядке, поэтому их зарядку надо заканчивать своевременно.

Щелочные аккумуляторные батареи менее критичны к режиму эксплуатации. Для них окончание зарядки характеризуется установлением на каждом аккумуляторе напряжения 1,6 ... 1,7 В и сообщением батарее 150 ... 160% емкости, отданной ею в процессе разрядки. Зарядное устройство обычно состоит из понижающего трансформатора, выпрямителя и регулятора тока зарядки. В качестве регуляторов тока обычно используют проволочные реостаты и транзисторные стабилизаторы тока. В обоих случаях на этих элементах выделяется значительная тепловая мощность, что снижает КПД зарядного устройства и увеличивает вероятность выхода его из строя.

Для регулировки зарядного тока можно использовать магазин конденсаторов, включаемых последовательно с первичной (сетевой) обмоткой трансформатора и выполняющих функцию реактивных сопротивлений, гасящих избыточное напряжение сети. Упрощенная схема такого устройства приведена на рис. 64. В нем тепловая (активная) мощность выделяется лишь на диодах VD1—VD4 выпрямительного моста и трансформаторе, поэтому нагрев устройства незначителен. Ток зарядки аккумуляторной батареи GB1 поддерживается на определенном уровне. В процессе зарядки напряжение на батарее увеличивается, а ток, текущий через нее, стремится уменьшиться. Но при этом возрастает приведенное сопротивление первичной обмотки трансформатора T1, на-

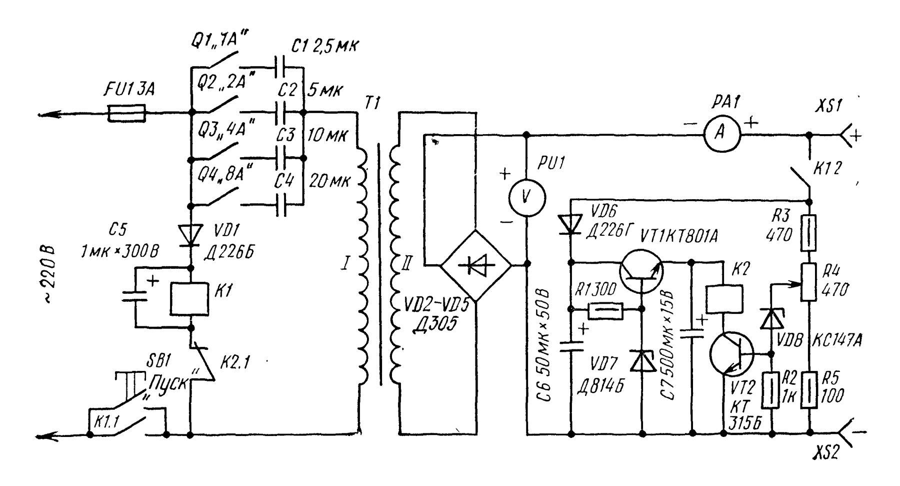


Рис. 65. Схема зарядного устройства

пряжение на ней увеличивается, в результате чего ток через батарею GB1 изменяется незначительно.

Как показывают расчеты, наибольшее значение тока через аккумуляторную батарею при заданной емкости конденсатора C1 будет при равенстве падений напряжения на этом конденсаторе и первичной обмотке трансформатора. Первичную обмотку рассчитывают на полное напряжение сети для большей надежности устройства и возможности применения готовых понижающих трансформаторов, вторичную обмотку — на напряжение, в полтора раза большее, чем номинальное напряжение нагрузки.

В соответствии с этими рекомендациями и расчетами было собрано устройство, обеспечивающее зарядку 12-вольтовых аккумуляторных батарей током до 15 А, причем ток зарядки можно изменять от 1 до 15 А ступенями через 1 А. Предусмотрена возможность автоматического выключения устройства, когда батарея полностью зарядится. Оно не боится кратковременных коротких замыканий в цепи нагрузки и обрывов в ней.

Схема этого устройства приведена на рис. 65. Магазин конденсаторов состоит из конденсаторов C1—C4, суммарная емкость которых составляет 37,5 мкФ. Выключателями Q1—Q4 можно подключать различные комбинации конденсаторов и тем самым регулировать ток зарядки. Например, для тока зарядки, равного 11 А, необходимо замкнуть контакты выключателей Q1, Q2 и Q4.

Рассмотрим работу устройства. Допустим, что к гнездам XS1 и XS2 подключена аккумуляторная батарея и выключателями Q1—Q4 установлен требуемый зарядный ток. В этом случае при нажатии кнопки SB1 «Пуск» сработает реле K1, контактами K1.1 оно заблокирует кнопку SB1, а контактами K1.2 подключит к заряжаемой батарее цепь автоматического отключения устройства. Контакты K1.2 необходимы для того, чтобы батарея не разряжалась после отключения устройства от сети через диод VD6 и резисторы R3—R5.

Переменным резистором R4 устанавливают порог срабатывания реле K2 (оно должно срабатывать при напряжении на гнездах XS1 и XS2, равном напряжению полностью заряженной батареи). Когда напряжение батареи достигнет заданного значения, откроются стабилитрон VD8 и транзистор VT2. Сработает реле K2, которое контактами K2.1 обесточит обмотку реле K1, а оно, отпуская, контактами K1.1 разорвет цепь питания устройства. При нарушении контакта в цепи нагрузки напряжение на гнездах XS1 и XS2 резко возрастет, от чего также сработает реле K2 и отключит устройство от сети.

Аварийное отключение устройства происходит при любом положении движка переменного резистора R4. Но такие случаи нежелательны, так как в течение времени срабатывания реле K2 и отпускания реле K1 конденсаторы C1—C4 будут находиться под повышенным напряжением (превышающим сетевое). Поэтому зарядное устройство следует включать в сеть лишь после того, как аккумуляторная батарея подсоединена к выходным гнездам. При коротком замыкании в цепи нагрузки ток через гнезда XS1 и XS2 несколько увеличивается, но для устройства это не опасно.

Все постоянные резисторы устройства — типа МЛТ-0,5; переменный резистор R4 — типа СП-1. Вместо транзистора КТ801А (VT1) можно применить КТ603, КТ608, КТ815 с любыми буквенными индексами, вместо транзистора КТ315Б (VT2) — КТ315, КТ312, КТ503, КТ601—КТ603 с любыми буквами. Измерительные приборы PA1 и PU1 — типа М5-2, рассчитанные соответственно на ток 30 А и напряжение 30 В. Реле K1 — типа РС-13 (паспорт РС4.523.029), его контакты K1.1 — параллельно соединенные три группы контактов. Возможно применение реле типа МКУ-48, рассчитанного на переменное напряжение 220 В. В этом случае надобность в диоде VD1 и конденсаторе C5 отпадает. Реле K2 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Диоды Д305 двухполупериодного выпрямителя установлены на радиаторе с поверхностью охлаждения 300 см², от радиатора они электрически изолированы слюдяными прокладками. Радиатор крепится к шасси из дюралюминия, которое является как бы продолжением радиатора.

Вместо диодов Д305 можно применить Д214, Д242, но в этом случае в три—четыре раза возрастает тепловая мощность, рассеиваемая на них, поэтому размеры радиатора придется увеличить. Конденсаторы C1—C4 составлены из параллельно соединенных конденсаторов КБГ-МН, МБГЧ, МБГО, МБГП, МБМ соответствующих емкостей. Номинальное напряжение конденсаторов КБГ-МН и МБГЧ, рассчитанных на работу в цепях переменного тока, должно быть не менее 350 В, всех других типов конденсаторов — не менее 600 В. Конденсаторы C5—C7 — типов К50-3, К50-6, выключатели Q1—Q4 — типа ТВ2-1-2 или ТП1-2, кнопка SB1 — КП-1, КМ1-1, П2К.

Сетевой трансформатор T1 выполнен на магнитопроводе ШЛ32×40. Обмотка I содержит 670 витков провода ПЭВ-1 0,9, обмотка II — 75 витков провода ПЭВ-2 2,26. Намотку вторичной обмотки ведут в два провода.

В качестве корпуса зарядного устройства можно использовать металлическую коробку размерами 360×220×220 мм, просверлив в ее стенках отверстия для свободной циркуляции воздуха.

Налаживание смонтированного устройства сводится к подбору шунта амперметра PA1 на ток 30 А и подбору емкостей конденсаторов C1—C4, обеспечивающих требуемые зарядные токи.

При зарядке 12-вольтовых аккумуляторных батарей током 15 А КПД устройства достигает 75%, а температура внутри корпуса после 10 ч непрерывной работы не поднимается выше 40° С.

Такое устройство можно применять и для зарядки аккумуляторных батарей с напряжением менее 12 В, например мотоциклетных. Но тогда надписи около выключателей Q1—Q4 не будут соответствовать фактическим значениям зарядных токов. Фактический зарядный ток в этом случае не должен превышать 15 А.

Это зарядное устройство можно дополнить измерителем заряда, сообщенного аккумулятору. Принцип работы такого измерителя заряда может быть основан на преобразовании напряжения в частоту (схемы преобразователей «напряжение — частота» нередко приводятся в журнале «Радио»). Напряжение следует снимать с резистора небольшого сопротивления (0,05 ... 0,1 Ом), включенного в цепь зарядки аккумулятора. При наличии цифрового счетчика заряда несложно обеспечить автоматическое отключение устройства от сети при сообщении батарее заданного заряда. Можно также дополнить зарядное устройство реле времени, чтобы отключение аккумулятора обеспечивалось автоматически через заданное время. Продолжительность зарядки при этом рассчитывают исходя из емкости, которую необходимо сообщить аккумулятору, и значения тока зарядки. Особенно удобно использовать заряд по времени в тех случаях, когда аккумулятор разряжен до напряжения 10,5 В (для 12-вольтного аккумулятора), при этом считается, что аккумулятору следует сообщить в процессе зарядки 105 ... 110% его номинальной емкости.

На рис. 66 представлена схема еще одного зарядного устройства, в котором ток зарядки плавно регулируется от нуля до максимального значения. Изме-

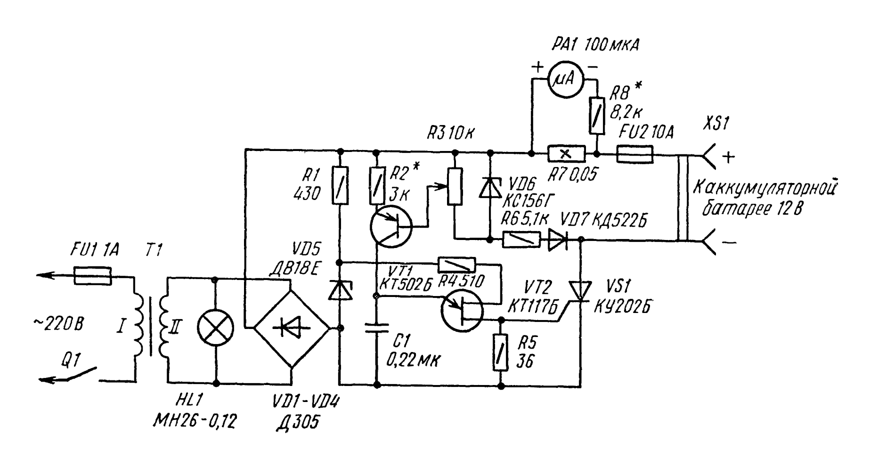


Рис. 66. Зарядное устройство с тринисторным регулятором тока

нение тока в нагрузке достигается регулированием угла открывания тринистора VS1. Узел регулирования выполнен на однопереходном транзисторе VT2. Времязадающий конденсатор C1 заряжается коллекторным током транзистора VT1. Значение этого тока определяется положением движка переменного резистора R3. Чем больше ток, тем быстрее заряжается конденсатор C1 до напряжения открывания транзистора VT2, тем раньше открывается тринистор VS1, тем больше среднее значение тока через аккумуляторную батарею. Следовательно, зарядный ток регулируется поворотом движка переменного резистора R3. Напряжение на этот резистор поступает от подключенной к гнездам XS1 аккумуляторной батареи. Чтобы исключить зависимость зарядного тока от напряжения на аккумуляторной батарее, напряжение на переменном резисторе R3 стабилизировано стабилитроном VD6.

Питание базы транзистора VT1 частью напряжения аккумуляторной батареи позволяет обеспечить эффективную защиту зарядного устройства от неправильной полярности подключения аккумуляторной батареи к гнездам XS1, т. е. от переполюсовки. При переполюсовке диод VD7 окажется включенным в обратном направлении, напряжение на базе транзистора VT1 будет отсутствовать, конденсатор C1 не будет заряжаться и ток в нагрузке будет равен нулю. Аналогичное явление будет наблюдаться и в том случае, если к гнездам XS1 подключена нагрузка, не имеющая собственной ЭДС, а также аккумулятор с напряжением меньше 4 ... 5 В.

Для измерения силы зарядного тока использован микроамперметр PA1 с шунтом из резисторов R7, R8. Защита устройства обеспечена со стороны сети и нагрузки предохранителями FU1 и FU2.

Налаживание зарядного устройства несложно. Подключив аккумуляторную батарею с номинальным напряжением 12 В и подав сетевое напряжение выключателем Q1, перемещают движок переменного резистора R3 в нижнее по схеме положение и подбором резистора R2 устанавливают ток в нагрузке, соответствующий максимальному значению (в данном случае 5 А). С помощью резистора R8 устанавливают предел измерения тока прибором PA1 — полное отклонение стрелки прибора должно соответствовать току 10 А.

На рис. 67 показаны временные диаграммы работы своих описанных зарядных устройств. Ток заряда протекает через аккумулятор только тогда, когда $U_з < U_а$. Таким образом, форма зарядного тока отличается от синусоидальной, особенно для устройства с тринисторным регулированием. Это приводит к увеличению коэффициента формы кривой зарядного тока (коэффициент формы — это отношение действующего значения тока к среднему значению тока). Под током заряда понимают именно среднее значение тока; это значение и показывает амперметр, включенный в зарядную цепь. Действующее же значение тока характеризует тепловые потери в обмотках трансформатора, диодах выпрямительного моста и регулирующем тринисторе. Следовательно, увеличение коэффициента формы кривой тока приводит к необходимости увеличивать сечение проводов обмоток трансформатора и его мощность, применять более мощные диоды и тринисторы и устанавливать их на радиаторах большей площадки. Как показывает анализ, коэффициент формы растет с увеличением угла α и с увеличением

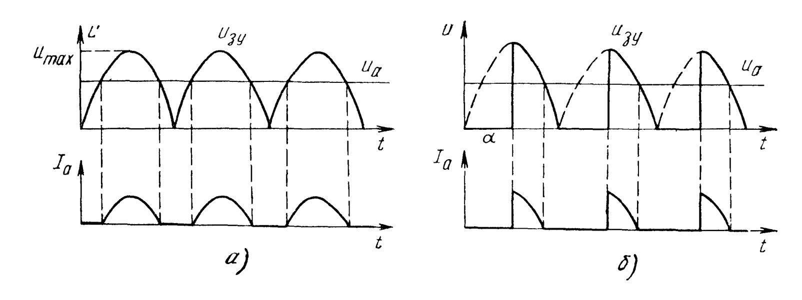


Рис. 67. Временные диаграммы работы зарядных устройств:

а — с конденсатором в цепи первичной обмотки трансформатора (см. рис. 65); *б* — с тринисторным регулятором тока (см. рис. 66); $U_{зу}$ — напряжение на выходе зарядного устройства при отключенном аккумуляторе; U_{max} — максимальное (амплитудное) значение синусоидального напряжения на выходе устройства; U_a — напряжение на зажимах аккумулятора (когда он отключен от зарядного устройства); I_a — ток заряда аккумулятора; α — угол открывания тринистора

отношения U_a/U_{max}. Так, для зарядного устройства по схеме рис. 65 при $U_a/U_{max}=0{,}7$ коэффициент формы равен 1,5; для зарядного устройства по схеме рис. 66 при $U_a/U_{max}=0{,}7$, $\alpha=90°$ коэффициент формы равен 3. Это означает, что вторичная обмотка трансформатора должна быть рассчитана на ток, втрое больший зарядного тока; мощность трансформатора также должна быть втрое больше мощности, потребляемой аккумулятором.

Названное обстоятельство является существенным недостатком зарядных устройств с регулятором тока тринистором.

Значительно снизить потери мощности в тринисторе и, следовательно, повысить КПД зарядного устройства можно, если регулирующий элемент перенести из цепи вторичной обмотки трансформатора в цепь первичной обмотки. Схема такого устройства показана на рис. 68. Регулирующий узел аналогичен используемому в предыдущем варианте устройства. Регулирующий тринистор VS1 включен в диагональ выпрямительного моста VD1—VD4. Поскольку ток первичной обмотки трансформатора примерно в 10 раз меньше тока заряда, на диодах VD1—VD4 и тринисторе VS1 выделяется относительно небольшая тепловая мощность и они не требуют установки на радиаторы. Кроме того, значительно уменьшены потери мощности на шунте амперметра (резисторе R1) за счет включения амперметра в цепь первичной обмотки трансформатора T1. Кроме того, применение тринистора в цепи первичной обмотки трансформатора позволило несколько улучшить форму кривой зарядного тока и снизить значение коэффициента формы кривой тока (что также приводит к повышению КПД зарядного устройства). К недостатку этого устройства следует отнести гальваническую связь с сетью элементов узла регулирования, что необходимо учитывать при разработке конструктивного исполнения (например, использовать переменный резистор R6 с пластмассовой осью).

О деталях зарядных устройств. В первом варианте (рис. 66) в качестве тринистора VS1 можно применить тринисторы КУ202 с любыми буквами, а

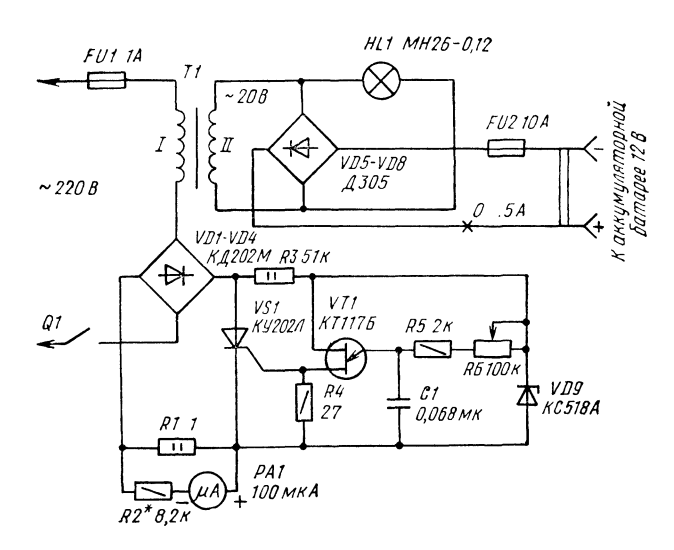


Рис. 68. Зарядное устройство с тринистором в цепи первичной обмотки и трансформатора

также тринисторы 2Т122-25, 2Т132-50. Во втором варианте зарядного устройства (рис. 68) можно использовать тринисторы типов КУ201 (К, Л); КУ202 (К—Н). Выпрямительные диоды, работающие в цепи вторичной обмотки, помимо указанных на схемах могут быть типов Д231—Д233 (без буквы или с буквой А). Диоды VD1—VD4 в схеме на рис. 68 могут быть типов Д231—Д234, Д245, Д247 (с любыми буквами), КД202 (с буквами К, М, Р). Времязадающий конденсатор С1 должен иметь небольшой температурный коэффициент емкости во всем диапазоне рабочих температур, в противном случае ток зарядки аккумулятора будет сильно изменяться с изменением температуры. Желательно использовать конденсаторы типов К73-17, К73-24. Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ25×50. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8, обмотка II — 65 витков провода ПБД 2,64.

В зарядном устройстве по схеме рис. 66 диоды VD1—VD4 установлены на радиаторах с поверхностью охлаждения 30 ... 40 см^2 (если применены германиевые диоды типа Д305; для кремниевых диодов площадь поверхности радиаторов следует увеличить в 2 ... 3 раза). Тринистор VS1 также установлен на радиаторе с охлаждающей поверхностью не менее 30 см^2. В зарядном устройстве по схеме рис. 68 на радиаторы установлены только диоды VD5—VD8.

К обоим зарядным устройствам могут быть подключены аккумуляторные батареи с напряжением как 12 В, так и меньше (например, 6 В).

На рис. 69 представлена еще одна схема зарядного устройства, в котором осуществляется стабилизация тока заряда. Регулирующим элементом является тринистор. Это устройство можно использовать не только для зарядки аккумуляторов, но и во всех других случаях, когда сопротивление нагрузки изме-

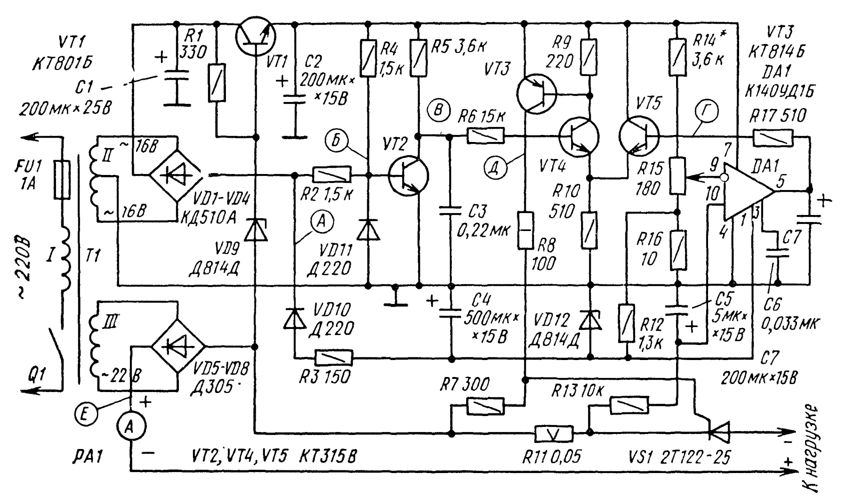


Рис. 69. Зарядное устройство со стабилизатором тока

няется, а ток должен оставаться неизменным (например, для электролиза, который радиолюбители используют для травления печатных плат, для нанесения покрытий на металлические детали).

Основные характеристики такого зарядного устройства

Максимальный ток нагрузки, А	7
Максимальное напряжение на нагрузке, В	16
Коэффициент стабилизации по току нагрузки $K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх}} \Big| \frac{\Delta I_{вых}}{I_{вых}}$, не менее	70
Коэффициент полезного действия, %, не менее	70

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме и временным диаграммам (рис. 70), которые показаны для случая нагрузки, не содержащей источников ЭДС.

На транзисторе VT2 собран генератор пилообразного напряжения. Через резистор R4 на базу транзистора VT2 подано открывающее напряжение (рис. 70, диаграмма А), а через резистор R2 с двухполупериодного выпрямителя на диодах VD1—VD4 поступает закрывающее пульсирующее напряжение (рис. 70, диаграмма Б). Суммарное напряжение на базе транзистора VT2 показано прерывистой линией Б′. Диод VD11 ограничивает амплитуду закрывающего напряжения. Сопротивление резисторов R2 и R4 выбрано таким, что транзистор бо́льшую часть времени закрыт. Конденсатор C3 заряжается через резистор R5. Но в момент приближения сетевого напряжения к нулю транзистор VT2 открывается, разряжая конденсатор C3. На коллекторе транзистора формируется напряжение, по форме близкое к пилообразному (рис. 70, диаграмма В). Через резистор R6 оно поступает на один из входов дифференциального уси-

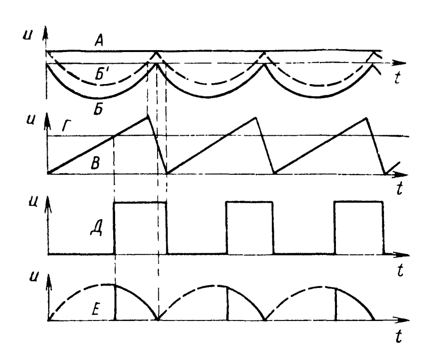


Рис. 70. Временные диаграммы работы зарядного устройства

лителя на транзисторах VT4, VT5, а на другой подается напряжение (рис. 70, диаграмма Г) с выхода операционного усилителя (ОУ) DA1, которое зависит от положения движка резистора R15.

Как только значения напряжения на базах транзисторов VT4 и VT5 сравняются, транзистор VT4 откроется. Вслед за ним откроется транзистор VT3 и сформирует импульс тока (рис. 70, диаграмма Д), открывающий тринистор VS1. С этого момента полупериода на нагрузку будет подано выпрямленное напряжение с обмотки II трансформатора T1 (рис. 70, диаграмма Е). Чем больше напряжение на базе транзистора VT5, тем позже будут возникать импульсы, открывающие тринистор, и тем меньше будет средний ток через нагрузку.

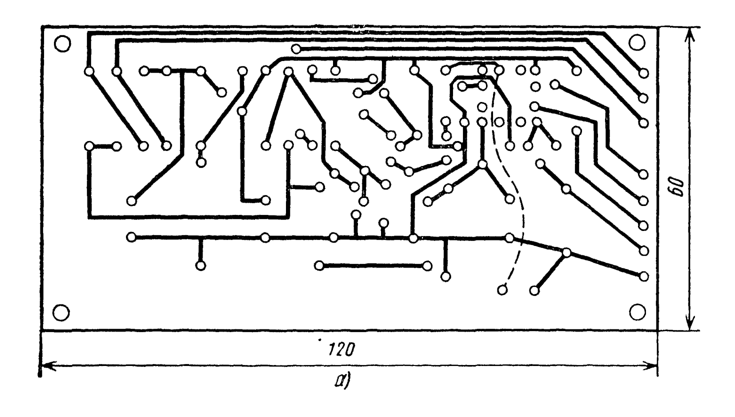
Функцию стабилизатора тока выполняет узел на ОУ DA1. Датчиком тока служит резистор R11; напряжение, снимаемое с этого резистора, пропорционально току нагрузки. Через резистор R13 оно подведено к неинвертирующему входу ОУ.

Если по какой-либо причине ток через нагрузку увеличился, то увеличивается и напряжение на неинвертирующем входе ОУ. Это приводит к соответствующему увеличению напряжения на базе транзистора VT5 и увеличению угла открывания тринистора VS1 — ток через нагрузку уменьшается. Таким образом, отрицательная обратная связь по току нагрузки поддерживает его на заданном уровне.

Конденсаторы C5, C7 сглаживают пульсации напряжения на выходе. Резисторы R12, R16 обеспечивают подачу небольшого отрицательного напряжения на инвертирующий вход ОУ в нижнем по схеме положении движка резистора R15. Это позволяет регулировать ток нагрузки практически от нуля. Конденсатор C6 повышает устойчивость работы ОУ. На элементы устройства поступает напряжение питания от двух стабилизаторов (VD9, VT1 и VD12, R3).

В устройстве ОУ К140УД1Б можно заменить на К140УД5, К140УД6, К140УД7, К153УД2 (с соответствующей цепью коррекции); транзистор КТ801Б — на любой из серий КТ603, КТ608, КТ801, КТ807, КТ815; КТ315В — на КТ312, КТ315, КТ316, КТ201; КТ814Б — на КТ814, КТ208. Конденсаторы C1, C2, C4, C5, C7 устройства — К50-6 или К50-35; C3, C6—КМ-6 или К10-7в, КЛС. Резистор R11 образован двумя параллельно соединенными резисторами С5-16В сопротивлением 0,1 Ом.

Диоды VD5—VD8 — типа Д305; их можно заменить на любые из серий Д242—Д248, но в этом случае возрастает рассеиваемая на каждом диоде мощность, и размеры теплоотводов придется увеличить. Амперметр PA1 — типа М5-2 с током полного отклонения стрелки 10 А.



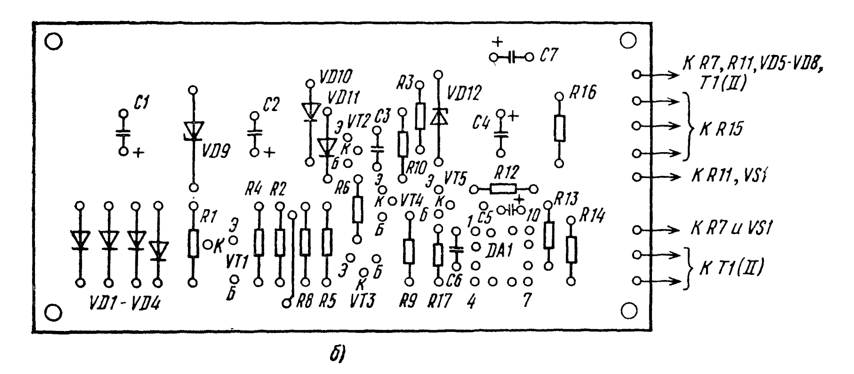


Рис. 71. Монтажная плата зарядного устройства:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

Трансформатор T1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ25×32. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8; обмотка II — 105 витков провода ПЭВ-2 0,21 с отводом от середины; обмотка III — 80 витков провода ПБД 2,64.

Диоды VD5—VD8 установлены на теплоотводах площадью 50 ... 60 см^2 каждый. Тринистор VS1 установлен на теплоотводе площадью не менее 200 см^2.

Бо́льшая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате (рис. 71).

Для налаживания устройства к его выходу подключают проволочный резистор сопротивлением 1 ... 2 Ом и мощностью не менее 100 Вт (можно использовать нихромовую проволоку диаметром 0,5 ... 1 мм). Движок переменного резистора R15 устанавливают в верхнее по схеме положение и подборкой резистора R14 добиваются, чтобы ток через нагрузку был равным 7 А. При вращении ручки переменного резистора ток должен плавно уменьшаться до нуля.

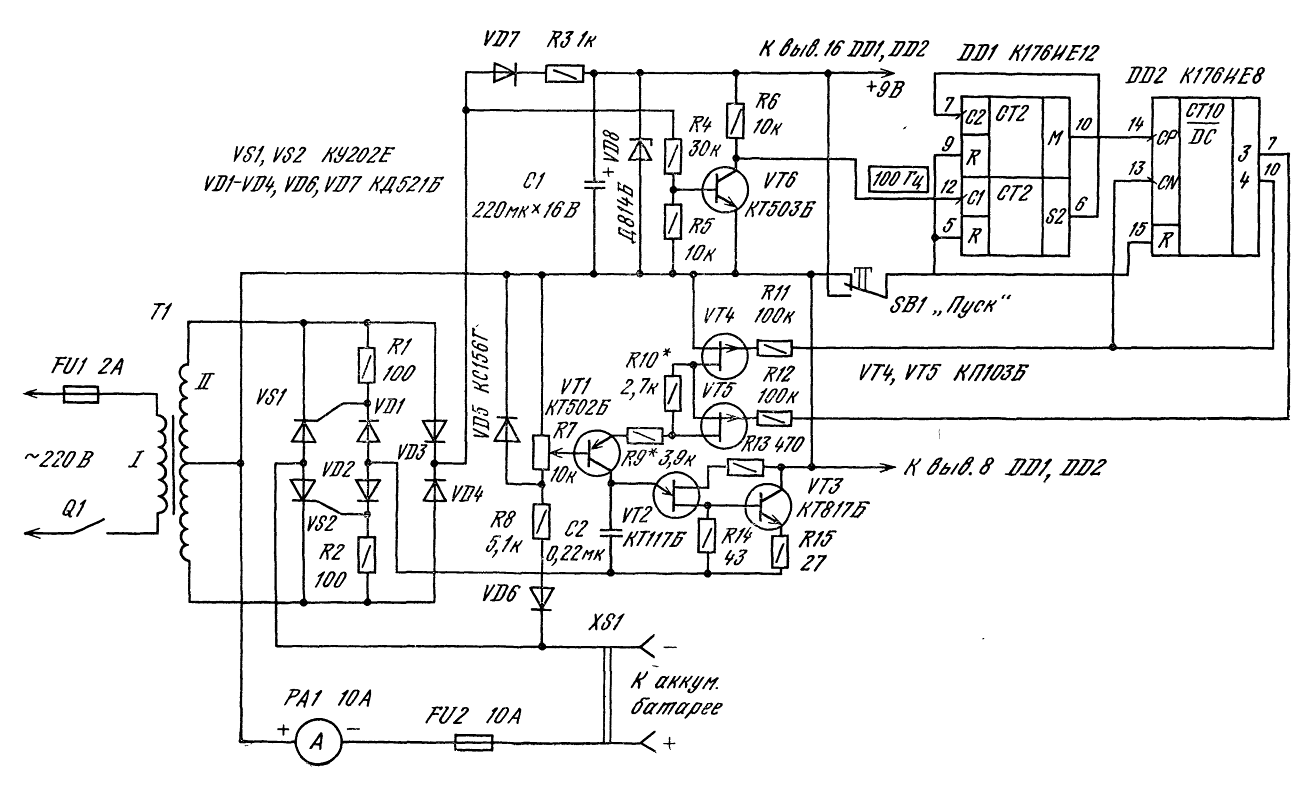


Рис. 72. Автоматическое зарядное устройство

В заключение отметим, что применяемый тип тринистора VS1 и данные трансформатора указаны для использования в режиме зарядки аккумуляторов током до 7 А. Как уже отмечалось, запас по мощности тринистора и трансформатора необходим в связи с большим значением коэффициента формы зарядного тока. Если же устройство будет работать на нагрузку, не имеющую собственной ЭДС (например, гальваническую ванну), то мощность трансформатора может быть значительно снижена. При указанных данных устройство может отдавать в нагрузку ток до 12 ... 15 А, однако приходится подбирать сопротивление резистора R14.

На рис. 72 представлена схема зарядного устройства, которое обеспечивает автоматическую зарядку аккумуляторных батарей напряжением 6 ... 12 В и током до 6 А. Устройство автоматически уменьшает зарядный ток в 1,5 ... 2 раза примерно через 8 ч после начала зарядки, а через 11 ч зарядка прекращается совсем. Уменьшение зарядного тока в конце зарядки положительно сказывается на протекании электрохимических процессов в аккумуляторе.

Рассмотрим работу зарядного устройства. Допустим, что аккумуляторная батарея подключена к гнездам XS1 в соответствии с указанной полярностью, а контакты выключателя питания Q1 замкнуты.

Напряжение с выводов обмотки II трансформатора T1 подается на двухполупериодный управляемый выпрямитель, выполненный на тринисторах VS1, VS2, а затем — на зажимы аккумуляторной батареи. Напряжение на управляющие электроды тринисторов поступает через диоды VD1, VD2 от узла формирования управляющих импульсов, выполненного на транзисторах VT1—VT5. Угол открывания тринисторов VS1, VS2, а следовательно, среднее значение зарядного тока задаются положением движка переменного резистора R7 (более подробно об этом можно прочитать в описании работы зарядного устройства, схема которого приведена на рис. 66). Аналогичным образом в этом зарядном устройстве обеспечивается защита от переполюсовки выводов аккумуляторной батареи.

Импульсы, сформированные однопереходным транзистором VT2, усиливаются по току транзистором VT3 и через диоды VD, VD2 подаются на управляющие электроды тринисторов. При положительных полуволнах напряжения вторичной обмотки работает один тринистор, а при отрицательных — другой; импульсы же управления формируются в каждом полупериоде и подаются на управляющий электрод тринистора VS1 через диод VD1, а тринистора VS2 — через диод VD2. Полевые транзисторы VT4, VT5 обеспечивают изменение зарядного тока в конце зарядки, а затем полное отключение аккумулятора. Для формирования соответствующих временны́х интервалов используются микросхемы DD1, DD2.

На счетный вход C1 микросхемы DD1 (работа этой микросхемы подробно рассматривалась выше) подаются прямоугольные импульсы с частотой, равной удвоенной частоте сетевого напряжения, т. е. 100 Гц. Эти импульсы формируются из двухполупериодного выпрямленного напряжения, снимаемого с диодов VD3, VD4 и поданного через резистор R4 на базу транзистора VT6. Благодаря работе транзистора в ключевом режиме с его коллектора снимаются

импульсы прямоугольной формы. С выхода S2 микросхемы DD1 снимаются импульсы, имеющие частоту в $2^{14}=16\,384$ раз меньшую, чем на входе C1; эти импульсы подаются на вход второго счетчика C2, который делит частоту импульсов еще на 60. Таким образом, на выводе 10 микросхемы DD1 имеются импульсы с частотой около 0,0001 Гц, что соответствует периоду в 2,7 ч. Эти импульсы поступают на вход CP счетчика-дешифратора DD2 (работа этой микросхемы также подробно рассматривалась на предыдущих страницах книги). Через время $2{,}7\times3=8{,}1$ ч на выводе 7 микросхемы DD2 появляется напряжение высокого уровня, которое через резистор R12 подается на затвор полевого транзистора VT5 и закрывает его. В результате сопротивления цепи зарядки конденсатора C2 увеличивается на значение сопротивления резистора R10 и зарядный ток уменьшается в 1,5 ... 2 раза.

Еще через 2,7 ч напряжение высокого уровня появляется на выводе 10 микросхемы DD2, что приводит к закрыванию полевого транзистора VT4. Цепь зарядки конденсатора C2 оказывается обесточенной, формирование импульсов управления прекращается и зарядный ток аккумулятора падает до нуля. Одновременно появившееся на выводе 13 (вход CN) микросхемы DD2 напряжение высокого уровня запрещает дальнейшую работу счетчика микросхемы DD2. В таком состоянии зарядное устройство может находиться до тех пор, пока вновь не будет нажата кнопка SB1 «Пуск». Нажатие этой кнопки устанавливает счетчики микросхем DD1, DD2 в нулевое состояние, и с этого момента начинается отсчет интервалов времени.

Микросхемы DD1, DD2 и формирователь импульсов на транзисторе VT6 питаются от параметрического стабилизатора R3VD8, который, в свою очередь, питается от двухполупериодного выпрямителя VD3 VD4. Диод VD7 обеспечивает развязку импульсов переменного напряжения, подаваемого на формирователь VT6, от постоянного напряжения на конденсаторе C1. Формирователь управляющих импульсов питается через диоды VD1 и VD2 и управляющие электроды тринисторов.

В автоматическом зарядном устройстве могут быть использованы детали следующих типов. Тринисторы VS1, VS2 — типа КУ202 с буквами Е, И, Л, Н (тринисторы должны допускать подачу как прямого, так и обратного напряжения не менее 100 В), а также любые из серий Т10, Т112, Т132. Диоды КД521Б могут быть заменены на КД521А (В), Д223А (Б), КД102А (Б), КД106А, КД105Б. Транзистор VT1 может быть типа КТ502 (с любыми буквами), КТ361 (А, В — Е), КТ209 (Г — М); VT3 — КТ815, КТ817 с любыми буквами; VT4, VT5 — КП103 с любыми буквами; VT6 — КТ315, КТ503 с любыми буквами. Конденсатор C1 — типа К50-24 или К50-16; C2 — К73-17, К73-24. Переменный резистор R7 — СП3-4аМ, СП-04, СП3-9а. Кнопка SB1 — П2К или КМ1-1; выключатель питания Q1 — ТВ2-1, МТ-1, Т1.

Тринисторы установлены на общем радиаторе без применения изолирующих шайб. Радиатором может служить металлический корпус прибора.

Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе ШЛ25×50. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8, обмотка II — 125 витков провода ПЭВ-2 1,32 с отводом от середины.

Настройку зарядного устройства осуществляют следующим образом. Правые по схеме выводы резисторов R11, R12 отсоединяют от выходов микросхемы DD2 и подсоединяют к эмиттеру транзистора VT6, при этом оба полевых транзистора должны быть открыты. К гнездам XS1 подключают аккумуляторную батарею напряжением 12 В и подают напряжение питания выключателем Q1. Движок переменного резистора R7 устанавливают в нижнее по схеме положение. Подборкой сопротивления резистора R9 устанавливают максимальный зарядный ток 6 А. Затем правый по схеме вывод резистора R12 соединяют с плюсовым выводом конденсатора C1 (при этом транзистор VT5 закрывается) и подборкой сопротивления резистора R10 устанавливают ток через аккумулятор 3 ... 4 А. После этого правые по схеме выводы резисторов R11, R12 подключают в соответствии с принципиальной схемой. Настройка на этом закончена.

Последовательность действий при работе с данным зарядным устройством такова: подключают заряжаемую аккумуляторную батарею к гнездам XS1, подают напряжение сети на первичную обмотку трансформатора T1, затем нажимают кнопку SB1 — отсчет времени начался. Примерно через 11 ч аккумулятор полностью обесточится.

Регуляторы для холодильников

Подавляющее большинство бытовых холодильников оснащены датчиком температуры. Пока температура среды, окружающей датчик, выше требуемой, контакты датчика замкнуты и компрессор холодильника работает, нагнетая хладагент в камеру охлаждения. При понижении температуры контакты датчика размыкаются и отключают электродвигатель компрессора. Затем цикл работы повторяется. Таким образом температура в холодильнике поддерживается на постоянном уровне, определяемом настройкой датчика.

Когда датчик выходит из строя, возникает необходимость ремонта холодильника. Из-за дефицитности датчиков температуры простая замена датчика может оказаться отложенной на неопределенное время. Холодильник можно сделать вновь работоспособным, если собрать несложное устройство, которое будет регулировать периоды включенного и выключенного состояний компрессора холодильника и, следовательно, температуру холодильного шкафа. Правда, такая система регулирования работает без обратной связи, но опыт эксплуатации подобного устройства показал, что оно обеспечивает неплохую точность поддержания температуры.

Принципиальная схема регулятора представлена на рис. 73. Генератор прямоугольных импульсов и 15-разрядный делитель частоты выполнены на микросхеме К176ИЕ5. Элементы времязадающей цепи генератора (R1 и C1) подключены к выводам 9 и 11 микросхемы, а выходные импульсы снимаются с выхода последнего разряда делителя (вывод 5 микросхемы). Входы установки исходного состояния триггеров R и S постоянно соединены с общим проводом.

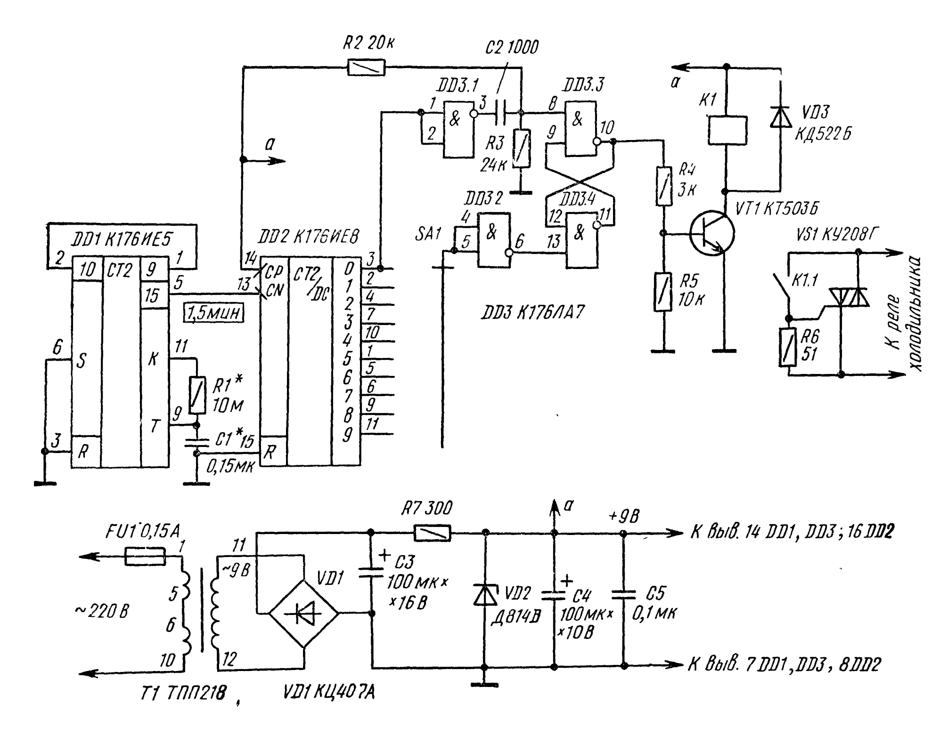


Рис. 73. Схема регулятора для холодильника (без обратной связи)

Прямоугольные импульсы с периодом следования около 1,5 мин поступают на вход CN микросхемы DD2 (на второй счетный вход CP этой микросхемы подано напряжение высокого уровня, разрешающее счетный режим по входу CN). Микросхема К176ИЕ8 содержит двоично-десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором двоично-десятичного кода в позиционный код. При поступлении счетных импульсов напряжение высокого уровня появляется последовательно на выходах 0, 1, ... , 9.

На логических элементах DD3.3 и DD3.4 выполнен RS-триггер, управляющий исполнительной цепью. Допустим, что питание подано на элементы устройства, а RS-триггер DD3.3DD3.4 находится в состоянии, при котором на выводе 10 микросхемы DD3 присутствует напряжение высокого уровня. Через делитель R4R5 оно поступает на базу транзистора VT1, открывая последний. Электромагнитное реле K1 срабатывает, и контакты K1.1 подают ток на управляющий электрод симистора VS1. Симистор находится в проводящем состоянии, и, поскольку он включен в цепь питания реле компрессора холодильника, охлаждающий агрегат работает. Допустим, что подвижный контакт переключателя SA1 соединен с выходом 7 микросхемы DD2. При появлении на этом выходе напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD3.2

возникнет напряжение низкого уровня, которое переключит триггер DD3.3DD3.4 в противоположное состояние. Транзистор VT1 и симистор VS1 закроются, и компрессор холодильника выключится. При появлении напряжения высокого уровня на выходах 8 и 9 триггер не изменит своего состояния. Когда напряжение высокого уровня появится на выходе 0 микросхемы DD2, спад импульса с выхода элемента DD3.1 через дифференцирующую цепь C2R2R3 переключит триггер в состояние, противоположное предыдущему; симистор VS1 вновь откроется и включит холодильник. Таким образом, длительности включенного и выключенного состояний холодильника определяются положением подвижного контакта переключателя SA1: чем ниже (по схеме) находится этот контакт, тем больше длительность включенного состояния холодильника, тем ниже температура в холодильном шкафу.

Элементы регулятора питаются от простейшего параметрического стабилизатора с фильтром C3R7VD2C4.

Микросхемы К176ИЕ8 и К176ЛА7 можно заменить соответствующими аналогами из серии К561; микросхема К176ИЕ5 аналогов в других сериях не имеет. В качестве транзистора VT1 можно использовать КТ315, КТ503, КТ3117 с любыми буквенными индексами. Трансформатор T1 — любого типа, обеспечивающий напряжение на вторичной обмотке 9 ... 12 В при токе не менее 50 мА. Реле K1 — РЭС-64, паспорт РС4.569.724 (725, 726). При отсутствии симистора КУ208Г можно использовать тиристор; при этом контакты реле K1.1 включают между анодом и управляющим электродом. Понадобится также выпрямительный мост, который «плюсом» подключают к аноду тиристора, а «минусом» — к катоду; выводы переменного напряжения от моста подключают в разрыв цепи питания реле компрессора.

Регулятор, собранный из исправных деталей и без ошибок, в налаживании не нуждается. В случае необходимости период следования импульсов генератора можно изменить подбором элементов R1 и C1.

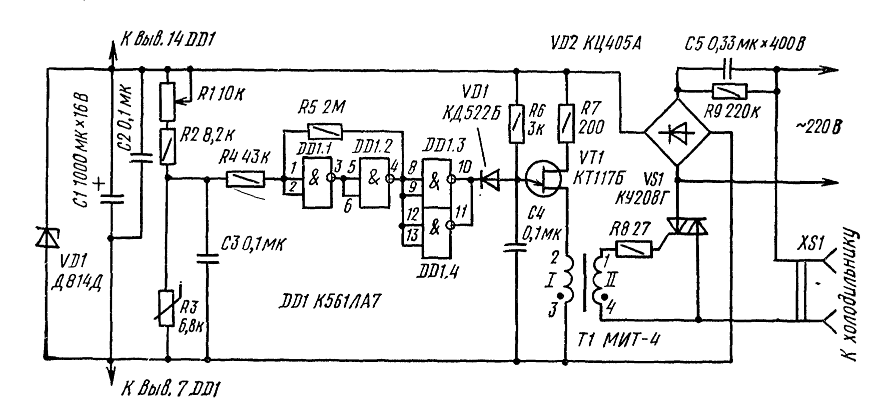


Рис. 74. Схема регулятора для холодильника с обратной связью (первый вариант)

На рис. 74 представлена схема терморегулятора для холодильника, в котором имеется обратная связь по температуре (первый вариант). Датчиком температуры в холодильнике является терморезистор R3. Когда температура в холодильном шкафу ниже заданной, сопротивление терморезистора велико, и на вход триггера Шмитта, выполненного на логических элементах DD1.1, DD1.2, с делителя R1R2R3 подается напряжение, при котором на выходе триггера действует напряжение высокого уровня. При этом на выходах элементов DD1.3, DD1.4, соединенных параллельно для увеличения выходного тока, имеется напряжение низкого уровня. Через открытый диод VD1 это напряжение приложено к эмиттеру однопереходного транзистора VT1, на котором выполнен генератор управляющих импульсов для симистора. Конденсатор C4 не может заряжаться, и генератор заторможен, импульсы на обмотке II трансформатора T1 отсутствуют, симистор VS1 выключен, компрессор холодильника не работает. За счет проникновения в холодильную камеру тепла окружающей среды температура в камере повышается, что приводит к уменьшению сопротивления терморезистора. При определенном значении температуры триггер переключится в состояние, при котором на его выходе (вывод 4 микросхемы DD1) установится напряжение низкого уровня. Оно инвертируется элементами DD1.3 и DD1.4 и подается на диод VD1, закрывая его. Теперь конденсатор C4 может заряжаться через резистор R6. Этот процесс зарядки-разрядки происходит периодически, и на вторичной обмотке трансформатора T1 появляются импульсы частотой около 1 ... 2 кГц, которые открывают симистор. На холодильник подается напряжение, и компрессор включается. Такой процесс периодически повторяется, в результате температура воздуха в холодильной камере поддерживается на заданном уровне с точностью не хуже ±0,5 град.

Источник питания терморегулятора — бестрансформаторный. Конденсатор C5 гасит избыточное напряжение, а выпрямительный мост выпрямляет его. Напряжение стабилизируется стабилитроном VD1, пульсации сглаживаются конденсатором C1. Конденсатор C2 фильтрует помехи, поступающие из сети и способные вызвать ложные срабатывания триггера Шмитта. Для этого используют и конденсатор C3.

Датчик температуры R3 помещают на 10 ... 15 см ниже дна холодильной камеры. Переменным резистором R1 в холодильной камере устанавливают желаемую температуру. Ее удобно контролировать по термометру, помещенному в холодильную камеру.

Типономиналы использованных деталей указаны на схеме; их возможные замены, думается, не вызовут затруднений. Заметим лишь, что конденсатор C5 — типа К73-17, а терморезистор R3 — КМТ-1, КМТ-4, КМТ-12, ММТ-6.

На рис. 75 представлена схема второго варианта терморегулятора для холодильника с обратной связью. Отличие от схемы первого варианта (см. рис. 74) состоит в том, что для управления симистором применено электромагнитное реле K1, контакты K1.1 которого соединяют управляющий электрод симистора с его анодом, открывая симистор. Резистор R6 обеспечивает надежное закрывание транзистора VT1 при напряжении высокого уровня на выходе

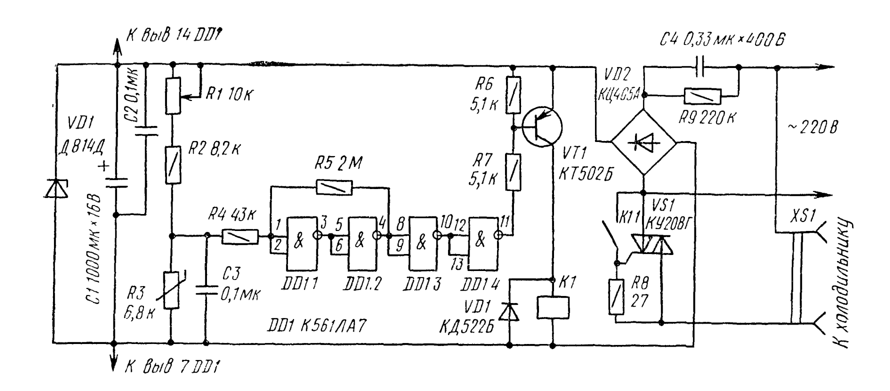


Рис. 75. Схема регулятора для холодильника с обратной связью (второй вариант)

логического элемента DD1.4 (когда ток базы этого транзистора равен нулю). Диод VD1 гасит импульсы ЭДС самоиндукции, возникающие на обмотке реле K1 в момент его выключения, и тем самым предохраняет от пробоя транзистор VT1.

Для повышения помехоустойчивости датчик температуры следует соединять с терморегулятором экранированным проводом.

Какому терморегулятору отдать предпочтение — с обратной связью или без нее? С одной стороны, обратная связь позволяет более точно поддерживать заданную температуру в холодильном шкафу. С другой стороны, наличие триггера с узкой зоной нечувствительности делает терморегулятор чувствительным к различным помехам, поступающим по сетевым проводам. Кроме того, при высокой температуре окружающей среды может оказаться, что холодильный агрегат не в состоянии обеспечить заданную низкую температуру, в результате чего компрессор будет все время работать. И хотя в холодильниках имеется защитное тепловое реле мотора компрессора, такой режим нежелателен.

У автора уже на протяжении пяти лет эксплуатируется терморегулятор без обратной связи (рис. 73), и он показал хорошие результаты. Температура контролируется по термометру. С наступлением теплого времени года подвижный контакт переключателя SA1 нужно перемещать вниз по схеме, обеспечивая большую относительную длительность включенного состояния компрессора.

Автоматы лестничного освещения

Известно, что на ночное освещение подъездов жилых домов тратится огромное количество электроэнергии, причем бóльшую часть времени свет горит впустую. Чтобы избежать ненужных затрат энергии, необходимо оснастить

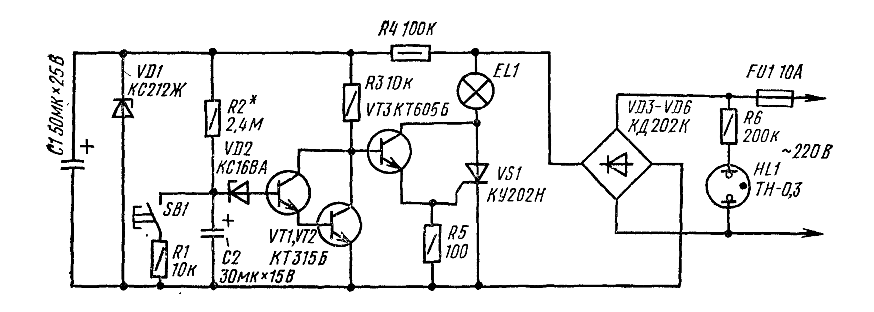


Рис. 76. Схема автомата лестничного освещения (первый вариант)

подъезды домов автоматами, включающими на непродолжительное время свет только тогда, когда в этом есть необходимость.

Ниже приведены схемы двух вариантов автоматов лестничного освещения.

Схема первого из них представлена на рис. 76. Допустим, что питание подано на устройство, а конденсатор C2 разряжен. Стабилитрон VD2 и составной транзистор VT1VT2 в это время закрыты; на базу транзистора VT3 через резистор R3 подается положительное напряжение, открывающее этот транзистор. В цепи управляющего электрода тринистора VS1 течет ток, тринистор открыт и на этажах горят осветительные лампы (на схеме они обозначены EL1).

По мере зарядки конденсатора C2 через резистор R2 напряжение на его обкладках увеличивается. И когда оно достигает напряжения стабилизации стабилитрона VD2, последний открывается, затем открываются транзисторы VT1, VT2, а транзистор VT3 закрывается. Тринистор VS1 также закрывается, и осветительные лампы EL1 гаснут. В таком состоянии устройство находится бо́льшую часть времени, потребляя от сети ток около 2 мА. Для включения освещения необходимо нажать кнопку SB1.

Все элементы устройства, в том числе и осветительные лампы, питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодого моста VD3 — VD6. Напряжение, необходимое для работы транзисторного ключа и для зарядки конденсатора C2 (около 12 В), получается на выходе параметрического стабилизатора VD1R4. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения. Резистор R1 ограничивает ток разрядки конденсатора C2 при нажатии кнопки SB1. Кроме того, наличие этого резистора повышает электробезопасность при пользовании устройством в случае нарушения изоляции кнопки SB1.

Подача напряжения на управляющий электрод тринистора VS1 с его анода (через открытый транзистор VT3) обеспечивает протекание тока в цепи управляющего электрода лишь до момента включения тринистора, т. е. в течение долей миллисекунды в начале каждого полупериода. В результате этого на транзисторе VT3 рассеивается очень незначительная мощность.

Неоновую лампу HL1 устанавливают рядом с кнопкой SB1, чтобы ее можно было легко отыскать в темноте. Такие же кнопки устанавливают на

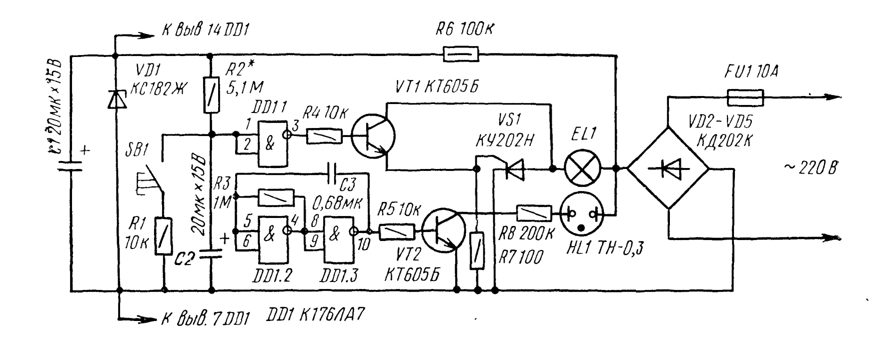


Рис. 77. Схема автомата лестничного освещения на микросхеме (второй вариант)

лестничных клетках этажей и соединяют их параллельно. Соответствующие им неоновые лампы подключают к сети через резисторы 200 кОм (на схеме — R6).

Максимальная суммарная мощность осветительных ламп, которыми может управлять автомат лестничного освещения, составляет 2 кВт. Тринистор VS1 должен быть установлен на радиаторе с поверхностью охлаждения около 300 см², диоды VD3 — VD6 — на четырех радиаторах площадью по 70 см² каждый. Если мощность нагрузки не превышает 300 Вт, тринистор и диоды устанавливать на радиаторы не обязательно.

На рис. 77 приведена схема второго варианта автомата лестничного освещения, в котором используется микросхема К176ЛА7. Напряжение с конденсатора C2 поступает на входы логического элемента DD1.1. Пока напряжение на конденсаторе меньше напряжения порога переключения этого элемента, на его выходе — напряжение высокого уровня, которое открывает транзистор VT1. При этом открывается тринистор VS1 и подается напряжение на осветительные лампы EL1. При дальнейшей зарядке конденсатора C2 логический элемент DD1.1 переключается, на его выходе появляется напряжение низкого уровня, транзистор VT1 и тринистор VS1 закрываются и лампы гаснут.

На логических элементах DD1.2 и DD1.3 этой же микросхемы собран генератор, формирующий импульсы с частотой около 1 Гц. С такой частотой мигает неоновая лампа HL1, установленная около кнопки SB1.

Транзисторы КТ315Б можно заменить любыми из этой серии, а также использовать транзисторы КТ312, КТ316, КТ317, КТ201 с любыми буквами; КТ605Б можно заменить на КТ605А, КТ604, КТ904 с любыми буквами. Тринистор КУ202Н можно заменить КУ202М (К, Л), а если мощность ламп не будет превышать 400 Вт, то можно применять тринисторы КУ201К, КУ201Л. Диоды КД202К можно заменить на КД202 с буквами М, Н, Р, а также на любые из серий Д246, Д247, Д248. Стабилитрон КС212Ж можно заменить на Д814Г, Д814Д, КС213Ж, КС215Ж, КС168А — на КС168В, КС162А, КС156А,

Д814А; КС182Ж — на Д814Б, КС182А, КС191А. Оксидные конденсаторы — типов К50-6, К50-16, К50-20 или К53-1; конденсатор С3 (см. рис. 77) — типов КМ-6, К10-17 или МБМ. Все резисторы — МЛТ. Кнопка SB1 — типов КП1, К3, КМ1-1, КМД1-1 или звонкового типа.

Налаживание устройства сводится к подбору сопротивления резистора R2 для получения нужной длительности свечения ламп. При обозначенном на схемах номинале резистора R2 длительность горения ламп составляет 2 ... 3 мин.

Корпус, в котором собран автомат лестничного освещения, устанавливают на одном из этажей здания. Кнопки SB1 с неоновыми лампами HL1 подключают к устройству проводами любого сечения. Осветительные лампы EL1 должны быть подключены проводами достаточного сечения; так, при суммарной мощности ламп 2 кВт сечение проводов должно быть 1,5 ... 2 мм².

При изготовлении и установке устройства следует особое внимание обратить на надежность изолирующих частей кнопок SB1.

Автомат уличного освещения

Схема автомата, позволяющего автоматически включать вечером и выключать утром уличное освещение, представлена на рис. 78. Датчиком освещенности является фоторезистор R4. Когда он затемнен, его сопротивление велико (несколько мегаом), на входах логического элемента DD1.1 — напряжение высокого уровня, такое же напряжение на выходе элемента DD1.2. Транзистор VT1 и тринистор VS1 открыты, и уличные осветители EL1 включены.

При наступлении рассвета сопротивление фотодатчика R4 уменьшается, логические элементы DD1.1 и DD1.2 переключаются в противоположные состояния, транзистор VT1 и тринистор VS1 закрываются и фонари на улице гаснут.

На логических элементах DD1.1, DD1.2 и резисторах R2, R3 выполнен триггер Шмитта. Это устройство, как и обычный (счетный) триггер, обладает двумя устойчивыми состояниями. Но в отличие от счетного триггера, состоя-

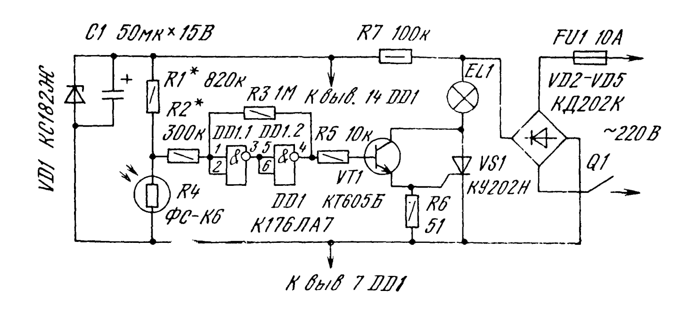


Рис. 78. Схема автомата уличного освещения

ние которого изменяется после прихода очередного импульса на вход, триггер Шмитта переключается при изменении уровня входного напряжения. Можно так подобрать резисторы R2 и R3, что пороги переключения при увеличении входного напряжения и при его уменьшении не будут равны между собой. Например, для нашего триггера при увеличении входного напряжения порог переключения может составлять 3 В, а при уменьшении напряжения 2 В. Разность порогов переключения называют гистерезисом триггера. Гистерезис тем больше, чем больше отношение R2/R3.

Если в автомате не использовать триггер Шмитта (т. е. резистор R3 исключить, а R2 замкнуть накоротко), то при изменении освещенности может наблюдаться мерцание осветительных ламп, при этом на выходе элемента DD1.2 будет напряжение, находящееся между напряжениями низкого и высокого уровней. В триггере Шмитта такого быть не может, поскольку обратная связь через резистор R3 с выхода элемента DD1.2 на вход элемента DD1.1 ускорит процесс переключения, сделает его лавинообразным. Такую обратную связь называют положительной. Работа триггера Шмитта уже рассматривалась при описании реле времени и регулятора мощности (см. схемы на рис. 41 и 61) для формирования прямоугольных импульсов из синусоидального сигнала.

В качестве датчика освещенности можно использовать фоторезисторы ФС-К (с любыми цифрами), а также фотодиоды ФД-1, ФД-2, ФД-3 (подключают катодом к резисторам R1, R2).

Фотодатчик следует располагать в таком месте, куда не попадает прямой свет фонарей EL1, иначе автомат будет работать неустойчиво. Резистором R1 можно изменять уровень освещенности, при которой включаются и выключаются осветители. Разницу в порогах включения и выключения осветительных ламп можно изменять подбором резистора R2.

Максимальная мощность осветительных ламп определяется типами тринистора VS1 и диодов VD2 — VD5. В данном случае она составляет 2 кВт. Тринистор и диоды устанавливают на радиаторы.

Регуляторы температуры

Регуляторы температуры, или, как их еще называют, терморегуляторы, предназначены для поддержания заданной температуры жидкости (например, фотораствора, воды в аквариуме, воды в системе электрического водяного отопления), воздуха в теплице, в жилом помещении и пр.

Принцип работы любого терморегулятора состоит в плавном или скачкообразном изменении мощности нагревательного элемента в соответствии с температурой датчика.

В терморегуляторе со скачкообразным изменением мощности в нагрузке нагревательный элемент отключается, как только температура датчика достигает определенного значения, и выключается при понижении температуры до ее заданного значения. Нагревательный элемент при этом находится в

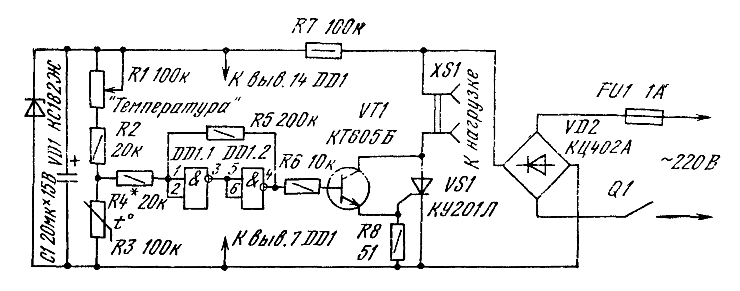


Рис. 79. Схема терморегулятора с релейным изменением мощности

одном из двух состояний: включен или выключен, поэтому регулятор с таким законом управления часто называют релейным.

Рассмотрим работу регулятора по его принципиальной схеме (рис. 79). Основой терморегулятора является триггер Шмитта, выполненный на логических элементах DD1.1, DD1.2 и резисторах R4, R5. На вход триггера поступает напряжение с делителя R1R2R3. Датчиком температуры служит терморезистор R3. При увеличении температуры его сопротивление уменьшается и поданное на вход триггеров напряжение также уменьшается, что приводит к переключению триггера. При этом на его выходе (вывод 4 микросхемы) устанавливается напряжение низкого уровня, транзистор VT1 и тринистор VS1 закрываются, нагреватель, подключенный к гнезду XS1, обесточивается. Температура воздуха или жидкости начинает уменьшаться, и при некотором ее значении триггер вновь переключается, включается нагреватель. В процессе работы такие включения и выключения периодически повторяются.

Мощность нагревателя не должна превышать 200 Вт. Если мощность необходимо увеличить, следует подобрать тринистор VS1 и соответственно мощность выпрямителя VD2. Так, для мощности нагревателя 2000 Вт потребуются тринистор КУ202М и диоды Д246 (4 шт.), которые включают по схеме выпрямительного моста. Тринистор и диоды следует устанавливать на радиаторах с поверхностью охлаждения 300 см^2 (для тринистора) и 70 см^2 (для каждого диода).

Терморезистор R3 может быть любого типа, например КМТ-1, КМТ-4, КМТ-12, ММТ-6 и др.

Печатная плата терморегулятора показана на рис. 80.

Температуру, при которой происходит переключение триггера, устанавливают переменным резистором R1. Точность поддержания температуры отчасти определяется разницей между напряжениями срабатывания триггера, т. е. его гистерезисом, и может подстраиваться резистором R4. Использовать резистор сопротивлением менее 10 кОм не следует, так как излишне малый гистерезис триггера Шмитта может привести к неустойчивой работе терморегулятора.

Однако точность регулирования температуры определяется не только гистерезисом триггера Шмитта: на точность в большой степени влияют также

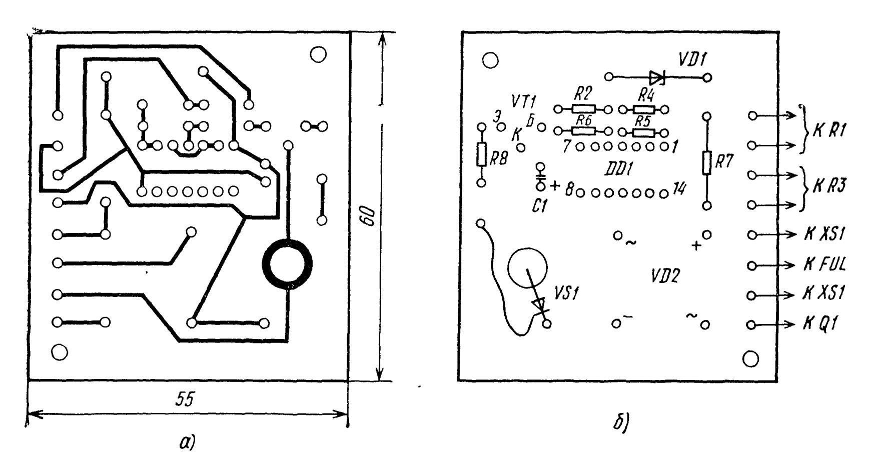


Рис. 80. Монтажная плата терморегулятора:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

масса нагревателя и среды (воды и пр.), т. е. инерционность системы. После выключения нагревателя температура окружающей среды некоторое время продолжает увеличиваться благодаря отдаче тепла от нагревателя в окружающую среду. Точно так же и при включении нагревателя температура среды начинает повышаться не сразу, а с некоторой задержкой. Таким образом, возникает погрешность регулирования температуры, которая может достигать нескольких градусов. Избавиться от этого недостатка можно применением терморегулятора с плавным регулированием мощности нагревательного элемента.

Схема такого терморегулятора представлена на рис. 81. Датчиком температуры является терморезистор R11, имеющий отрицательный температурный коэффициент сопротивления (другими словами, его сопротивление уменьшается с повышением температуры). Терморезистор является одним из плеч делителя напряжения R11R14, сигнал с выхода которого поступает через резистор R13 на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) (вывод 5 микросхемы DA3). На инвертирующий вход ОУ (вывод 4 микросхемы DA3) через резистор R12 подается задающее напряжение с движка переменного резистора R9. Микросхема DA3 усиливает поданные на ее входы сигналы, причем коэффициент усиления определяется сопротивлениями резисторов R12, R13, R15, R16; если соблюдается пропорция R13/R15=R12/R16, то коэффициент усиления K определяется соотношением K=R16/R12.

С выхода микросхемы DA3 (вывод 10) усиленный сигнал поступает через резистор R6 на неинвертирующий вход компаратора (микросхема DA2).

Компаратором называется устройство, предназначенное для сравнения двух аналоговых сигналов, поданных на его входы. Компаратор представляет собой усилитель с высоким (десятки и сотни тысяч раз) коэффициентом усиления.

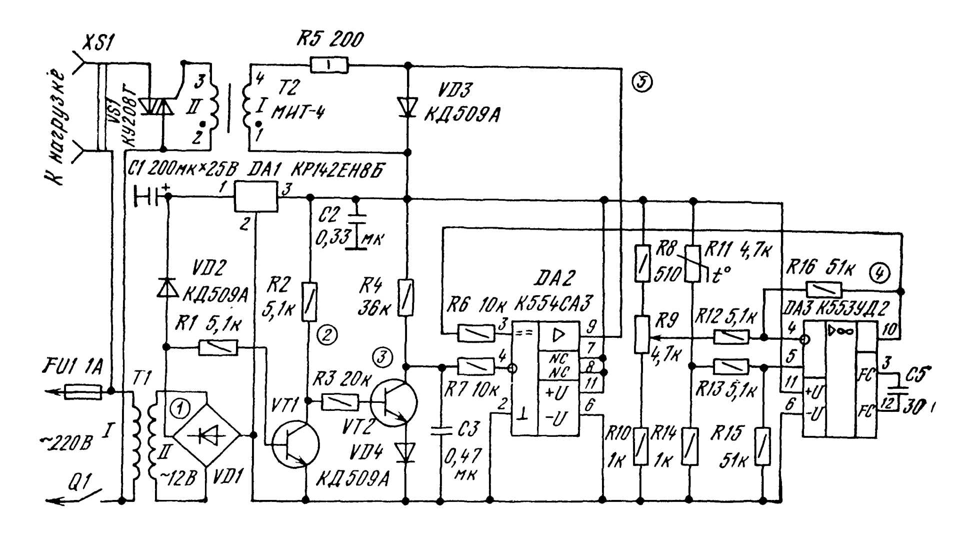


Рис. 81. Схема терморегулятора с плавным изменением мощности

Выходные каскады усилителя выполнены таким образом, что напряжение на выходе компаратора может принимать одно из двух значений: высокого или низкого уровня, т. е. компаратор имеет цифровой выход.

Интегральный компаратор К554СА3, используемый в терморегуляторе, имеет открытый коллекторный выход, рассчитанный на подключение нагрузки током до 50 мА. Выходной транзистор открыт (т. е. на выходе при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на выводе 4 больше напряжения на выводе 3 микросхемы DA2. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня.

На инвертирующий вход компаратора (вывод 4) подается пилообразное напряжение, которое синхронизировано напряжением сети и имеет частоту 100 Гц. Генератор пилообразного напряжения выполнен на транзисторах VT1, VT2. Напряжение с выпрямительного моста VD1 (рис. 82, эпюра 1) поступает на базу транзистора VT1. Бо́льшую часть времени транзистор открыт, а в моменты, когда синусоидальное выпрямленное напряжение приближается к нулю, транзистор закрывается. На его коллекторе формируются короткие прямоугольные импульсы (рис. 82, эпюра 2), которые подаются на базу транзистора VT2. Пока напряжение на базе равно нулю, на коллекторе транзистора формируется нарастающее напряжение (конденсатор C3 заряжается через резистор R4). В момент появления положительного импульса на базе транзистора VT2 последний открывается, и напряжение на коллекторе уменьшается почти до нуля (точнее, до напряжения прямого падения на диоде VD4). На рис. 82 (эпюра 3) это напряжение показано штриховой линией.

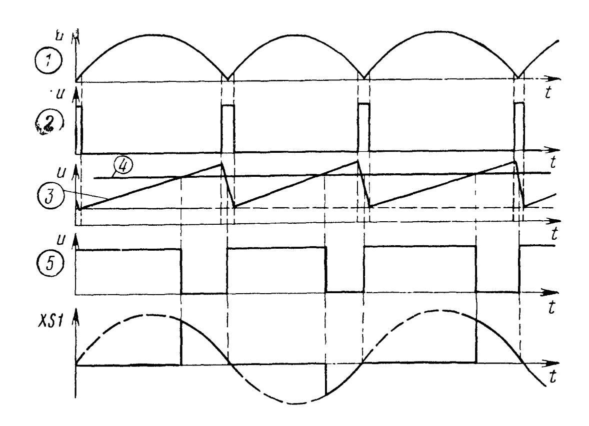


Рис. 82. Временные диаграммы работы терморегулятора

На компараторе DA2 происходит сравнение пилообразного напряжения и положительного напряжения, снимаемого с выхода микросхемы DA3. На выходе компаратора формируются прямоугольные импульсы (рис. 82, эпюра 5). Нагрузкой компаратора являются резистор R5 и обмотка I трансформатора T2. Диод VD3 защищает выход компаратора от всплесков напряжения, возникающих на обмотке I при переключении компаратора. Сигнал с обмотки II трансформатора T2 подается на управляющий переход симистора VS1, в цепь которого включается нагрузка — нагреватель.

После включения устройства в сеть сопротивление датчика температуры R11 максимально, поскольку температура среды, в которую помещен датчик, минимальна. Следовательно, на неинвертирующий вход микросхемы DA3 подано меньшее напряжение, чем на инвертирующий вход. На выходе операционного усилителя напряжение близко к нулю (поскольку это напряжение не может быть равно нулю, в цепь генератора пилообразного напряжения включен компенсирующий диод VD4; это позволяет открывать симистор VS1 в самом начале полупериода).

Таким образом, в начале каждого полупериода симистор будет открываться, подавая энергию в нагрузку. Мощность ее при этом максимальна. По мере повышения температуры среды сопротивление терморезистора R11 уменьшается, а напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя DA3 увеличивается. Как только это напряжение превысит напряжение на выводе 4 микросхемы DA3, начнет увеличиваться выходное напряжение ОУ. При этом изменяется скважность выходных импульсов компаратора DA2 (рис. 82, эпюра 5) и уменьшается мощность нагрузки. В установившемся режиме средняя мощность нагревателя будет достаточной для поддержания требуемой температуры, заданной положением движка переменного резистора R9.

Поскольку в отличие от описанного выше устройства здесь не происходит полное отключение нагрузки, точность поддержания температуры терморегулятором выше.

Микросхему КР142ЕН8Б (DA1) можно заменить стабилизатором, собранным по любой из известных схем и обеспечивающим напряжение 10 ... 12 В при токе не менее 150 мА. Компаратор К554СА3 (DA2) можно заменить на К521СА3; операционный усилитель К553УД2 (DA3) — на К153УД2, К140УД7. Транзисторы VT1, VT2 — любые из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ3117. Выпрямительный мост VD1 — любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407, диоды VD2 — VD4 — КД509, КД510, Д220, Д223 с любыми буквами. Конденсатор С1 — типа К50-16, К50-6, С2, С3 — КМ-6, КЛС, К10-23, С5 — КТ-1, КТ-2, К10-7В. Терморезистор R11 — КМТ, ММТ, СТ1, остальные резисторы — МЛТ. Тринистор КУ208Г можно заменить двумя тиристорами, включенными параллельно-встречно — так, как это сделано, например, в регуляторе мощности (см. рис. 57). Трансформатор МИТ-4 (Т2) можно заменить на МИТ-10, МИТ-12. Данные самодельного трансформатора: кольцевой магнитопровод М2000НМ, типоразмер К20×10×6; все обмотки (две или три) выполнены проводом ПЭВ-2 0,31 и содержат по 40—50 витков. Начала обмоток на схеме обозначены точками.

Устройство, собранное из исправных деталей, начинает работать сразу. Для изменения пределов регулирования температуры следует подобрать сопротивления резисторов R8, R10, R14. При необходимости можно попробовать увеличить точность регулирования увеличением коэффициента усиления усилителя. Для этого сопротивления резисторов R15, R16 можно увеличить до 75 ... 100 кОм.

Если не требуется высокая точность поддержания температуры, то усилитель на базе ОУ DA3 можно упразднить. В этом случае резистор R8 заменяют терморезистором, а сигнал с движка переменного резистора подают на левый (по схеме) вывод резистора R6. Элементы R11 — R16, С5, DA3 при этом высвобождаются.

Переговорные устройства

Переговорные устройства предназначены для установления телефонной связи между двумя абонентами, находящимися на расстоянии до 1 ... 2 км. Линии связи — двухпроводные.

Рассмотрим работу первого варианта переговорного устройства (рис. 83). Допустим, что контакты выключателя Q1 замкнуты, питание подано на элементы устройства, а трубки телефонных аппаратов Е1, Е2 находятся в исходном положении. Контакты рычажных переключателей телефонных аппаратов при этом подключают к зажимам аппаратов последовательно соединенные звонок и конденсатор; сопротивление аппарата постоянному току бесконечно велико, ток в линиях аппаратов отсутствует, и электромагнитные реле К1 — К5 обесточены.

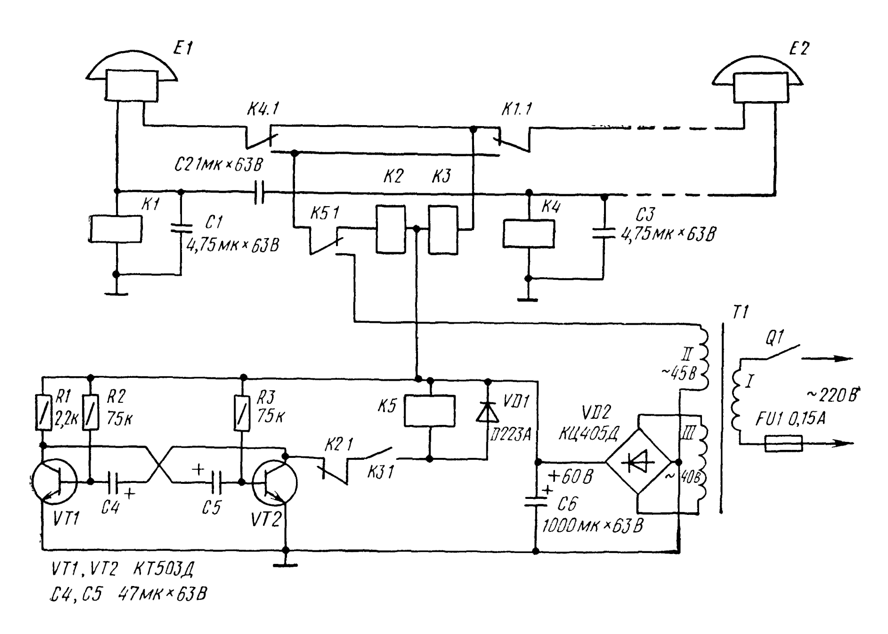


Рис. 83. Схема переговорного устройства (первый вариант)

Если первый абонент (обладающий телефонным аппаратом E1) желает вызвать второго абонента, он должен снять трубку аппарата E1. При этом к линии будет подключено сопротивление аппарата E1, составляющее несколько сотен ом, и в линии потечет ток по цепи: плюс источника питания, обмотка реле K3, нормально замкнутые контакты K4.1, внутреннее сопротивление телефонного аппарата E1, обмотка реле K1, общий провод источника питания. Реле K1 и K3 сработают. Контакты K3.1 замкнут цепь обмотки реле K5, которое начнет срабатывать с частотой 0,5 ... 1 Гц, вырабатываемой симметричным мультивибратором на транзисторах VT1, VT2. Через замыкающие контакты K5.1 на аппарат E2 будет периодически поступать переменное напряжение 50 Гц, приводящее в действие звонок аппарата. Цепь подачи вызывного напряжения такова: верхний (по схеме) вывод обмотки II трансформатора T1, замыкающие контакты K5.1 и K1.1, аппарат E2, параллельно соединенные обмотка реле K4 и конденсатор C3, общий провод, соединенный с нижним (по схеме) выводом обмотки II. Услышав звонок, абонент снимет трубку аппарата E2. При этом в момент нахождения контактов K5.1 в показанном на схеме положении сработает реле K2 и контактами K2.1 обесточит обмотку реле K5. Реле K3 отпустит. Абоненты могут вести разговор. Разговорный ток протекает через обмотки реле K1, K4, K2, аппараты E1, E2, а также через конденсаторы C1—C3. В течение разговора под током находятся обмотки реле K1, K2, K4, а реле K3 и K5 обесточены. После возвращения трубок обоих аппаратов на рычаги все реле отпускают.

Аналогично работает переговорное устройство и при вызове первого абонента вторым.

Конденсаторы C1, C3 предотвращают вибрацию якорей реле K1, K4 при прохождении вызывного тока, а также замыкают по переменному току цепь вызывного сигнала. Кроме того, эти конденсаторы не позволяют отпускать реле K1 (K4) при переключении контактов K4.1 (K1.1) соответственно. Конденсатор C2 замыкает разговорную цепь по переменному току. Помимо этого наличие конденсатора C2 позволяет контролировать исправность линии вызываемого абонента: если линия исправна, то в трубке вызывающего абонента слышен сигнал вызывного тока (50 Гц).

Диод VD1 гасит импульсы напряжения, возникающие на обмотке реле K5 в момент его переключения.

Постоянное напряжение +60 В получают с помощью выпрямительного моста VD2 и конденсатора C6.

В качестве транзисторов VT1, VT2 можно использовать транзисторы типов КТ503 (Д, Е), КТ608Б, КТ3117А, КТ815 (В, Г). При замене транзисторов следует иметь в виду, что их предельное рабочее напряжение должно быть не менее 60 В, а статический коэффициент передачи тока базы — не менее 40. Диод VD1 может быть типов Д220 (А, Б), Д223 (А, Б), Д226, КД102 (А, Б), КД105, КД106; конденсаторы C1—C3 — типов К73-17, C4—C6 — К50-24. Можно использовать и другие типы конденсаторов с рабочим напряжением не менее 60 В. Реле K1—K5 — РЭС-15 (паспорт РС4.591.001). Можно использовать реле и других типов с рабочим током не более 20 мА. При этом их рабочее напряжение должно быть примерно вдвое меньше напряжения источника питания. Трансформатор T1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛМ16×16. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08; обмотка II — 460 витков провода ПЭВ-2 0,12; обмотка III — 410 витков провода ПЭВ-2 0,14. Телефонные аппараты могут быть, например, типов ТА-68, ТАН-66, ТАН-70, ТА-68-ЦБ2. Если используются аппараты с неисправными номеронабирателями, следует отключить от них проводники и соединить их с рычажным переключателем так, чтобы при опущенной трубке к линии был подключен через конденсатор емкостью 1 ... 2 мкФ звонок, а при поднятой трубке — последовательно соединенные микрофон и телефон.

Линии связи прокладывают любым проводом, при этом сопротивление линии не должно превышать 1 кОм.

Все элементы переговорного устройства размещены в корпусе одного из телефонных аппаратов.

В налаживании устройство не нуждается.

На рис. 84 представлена схема еще одного варианта переговорного устройства. Отличие его от предыдущего состоит в том, что допускается подключение к линии нескольких телефонных аппаратов. Кроме того, для питания аппаратов используется только одно напряжение, получаемое от трансформатора.

Каждый из двух телефонных аппаратов, показанных на схеме, снабжен абонентским комплектом (A1 или A2). Абонентский комплект обеспечивает

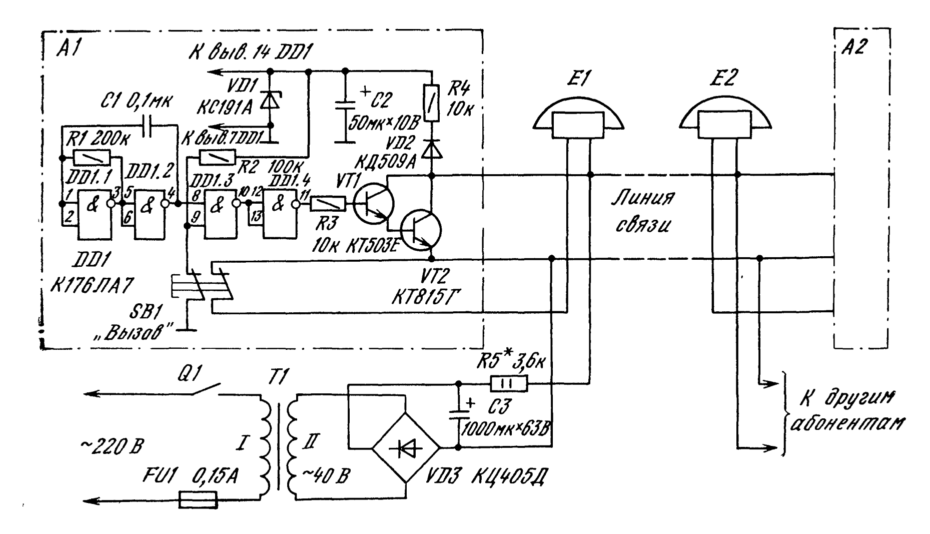
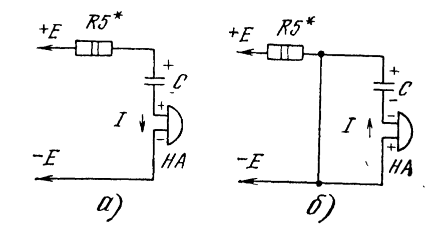


Рис. 84. Схема переговорного устройства (второй вариант)

формирование импульсов вызывного напряжения в линии связи, воздействующего на звонки телефонных аппаратов. На логических элементах DD1.1, DD1.2 микросхемы DD1 выполнен генератор импульсов частоты 25 ... 30 Гц. Через логические элементы DD1.3 и DD1.4, резистор R3 импульсы воздействуют на базу транзистора VT1, образующего вместе с транзистором VT2 составной транзистор. Эмиттер и коллектор транзистора VT2 подключены к линии связи. В исходном состоянии трубки телефонных аппаратов лежат на рычагах, контакты кнопок SB1 абонентских комплектов находятся в показанном на схеме положении, транзисторы VT1 и VT2 закрыты. Для вызова второго абонента первым последний должен нажать кнопку вызова SB1. При этом на выводе 9 микросхемы DD1 появится напряжение высокого уровня, разрешающее прохождение импульсов генератора на базу транзистора VT1. Транзистор VT2 будет периодически замыкать линию связи, импульсное напряжение воздействовать на телефонный аппарат E2, в котором зазвонит звонок, а аппарат E1 на это время отключается от линии второй парой контактов кнопки SB1.

Рассмотрим, каким образом импульсное однополярное напряжение заставляет звучать звонок. Путь прохождения тока через звонок телефонного аппарата показан на рис. 85. Когда транзистор VT2 (рис. 84) находится в закрытом состоянии, он не воздействует на линию связи и через резистор R5 и конденсатор C телефонного аппарата от источника напряжения E протекает зарядный ток в направлении, показанном на рис. 85, *а*. При этом молоточек звонка HA отклоняется в одну сторону, ударяя по чашке. Открывание транзистора VT2 вызывает замыкание линии связи через небольшое (сотни ом) сопротивление открытого транзистора (на рис. 85, *б* показана перемычка). Конденсатор C разряжается на обмотку звонка HA. Направление тока, как

Рис. 85. Путь прохождения тока через звонок телефонного аппарата:
а — транзистор VT2 закрыт; *б* — транзистор VT2 открыт



видно из рисунка, противоположно показанному на предыдущем рисунке. Таким образом, через катушку звонка протекает переменный ток, приводя в движение молоточек звонка.

После того как абоненты снимают трубки с телефонных аппаратов E1 и E2, можно вести разговор. При этом аппараты соединены параллельно и через резистор R5 подключены к источнику напряжения (мостовой выпрямитель VD3 и конденсатор C3). Наличие резистора R5 и обеспечивает передачу разговорного тока от одного абонента к другому, а также ограничивает ток через открытый транзистор VT2.

Первый абонент может снимать трубку своего телефонного аппарата как до нажатия кнопки «Вызов», так и после — это не имеет значения.

В переговорном устройстве можно использовать следующие детали. Микросхема DD1 — из серий К176, К561, К164, К564. Транзистор VT1 — КТ503 (Д, Е), КТ3117 (А, Б), КТ608 (А, Б), КТ630 (с любыми буквами); VT2 — КТ815 (В, Г), КТ817 (В, Г), КТ630 (с любыми буквами). Стабилитрон VD1 может быть типа Д814 (А, Б). Диод VD2 — КД510А, КД521А, КД102 (А, Б), Д223 (А, Б). Мостовой выпрямитель VD3 — КЦ402, КЦ405, КЦ407 (с любыми буквами). Конденсаторы: C1 — КМ-6б, КЛС, К10-7в; C2 — К50-6, К50-16, К50-12; C3 — К50-24. Кнопка SB1 — КМ2-1, П2К; выключатель питания Q1 — ТВ2-1, Т1, МТ1. Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,11; обмотка II — 420 витков провода ПЭВ-2 0,2.

Элементы, входящие в состав абонентских комплектов A1 и A2, смонтированы на небольших платах, которые размещены в корпусах телефонных аппаратов; детали выпрямителя смонтированы в отдельном корпусе.

К линии связи могут быть подключены и другие телефонные аппараты совместно с абонентскими комплектами. Число аппаратов ограничивается вызывным током, который должен быть достаточен для работы звонков во всех телефонных аппаратах. Поскольку при нажатии кнопки вызова будут работать звонки во всех аппаратах, целесообразно установить число сигналов, соответствующих каждому абоненту; трубку будет снимать в этом случае только один абонент. Можно также условиться о сигнале общего вызова, когда трубки снимают все абоненты и ведут разговор.

Налаживание переговорного устройства состоит в подборке резистора R5 с целью обеспечения достаточного вызывного тока для нормальной работы звонков всех телефонных аппаратов.

Сопротивление этого резистора определяет также и разговорный ток, протекающий через телефонные аппараты; ток через каждый аппарат не должен превышать 20 ... 30 мА; сопротивление резистора R5 не должно быть меньше 1 кОм. Если же для обеспечения нормальной работы звонков резистор R5 должен иметь меньшее сопротивление, то для ограничения разговорного тока следует включить резисторы последовательно с каждым из телефонных аппаратов.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

В этом разделе рассказывается о некоторых устройствах, которые могут оказаться полезными радиолюбителям при конструировании и налаживании различной аппаратуры, а также приведены описания отдельных узлов устройств.

Регуляторы мощности электропаяльника

Поддержание жала электропаяльника в надлежащем состоянии — одно из важнейших условий качественного монтажа радиодеталей. Жало паяльника должно быть ровным, без впадин и заусениц. Оно не должно быть перегретым, иначе припой будет окисляться и пайка окажется недостаточно прочной. Оптимальной считают такую температуру жала, при которой канифоль не испаряется сразу, а держится на жале в виде расплавленных блесток.

На рис. 86 представлена схема регулятора, позволяющего в широких пределах изменять подводимую к паяльнику мощность. Его схема во многом аналогична схеме регулятора мощности, показанной на рис. 57. Разница лишь в том, что для регулирования здесь использован один тринистор и нагрузка питается постоянным напряжением. Резистор R3 имеет сопротивление около 2 кОм и подбирается при настройке.

Тринистор VS1 может быть типов КУ201, КУ202 с буквами К — Н. Диодный мост VD1 — типов КЦ402, КЦ405 с буквами А — В. Остальные детали —

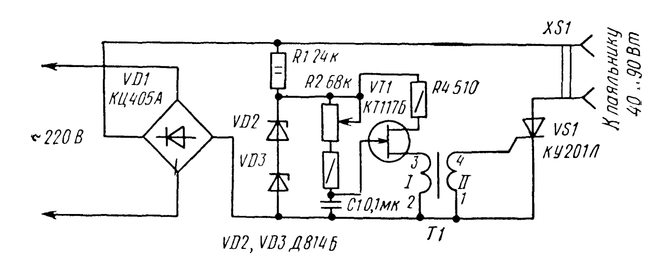


Рис. 86. Схема регулятора мощности электропаяльника

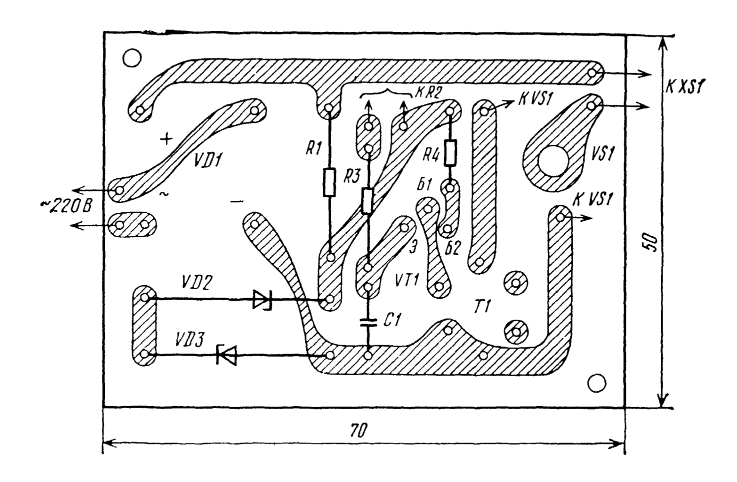


Рис. 87. Печатная плата регулятора мощности и размещение деталей на ней

те же, что и в мощном тиристорном регуляторе. Аналогично проводится и настройка регулятора мощности паяльника.

Детали регулятора мощности паяльника можно смонтировать на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 87). Ее помещают в корпус подставки паяльника, изготовленный из фанеры. На верхней крышке корпуса укрепляют ванночки для припоя и флюса (для них удобно использовать жестяные крышки от баночек с горчицей), гнезда для подключения паяльника, две пары гнезд для подключения к сети налаживаемых конструкций, переменный резистор R2.

Мощность паяльника, подключаемого к регулятору, может составлять 40 ... 90 Вт.

Для регулирования температуры паяльника напряжением 36 В можно использовать регулятор, схема которого показана на рис. 88. Напряжение сети понижается трансформатором T1 и выпрямляется мостовым выпрямителем VD1. Пульсации сглаживаются конденсатором C1. На четырех логических элементах микросхемы DD1 собран генератор импульсов с регулируемой скважностью; частота импульсов составляет примерно 100 Гц. Составной транзистор VT1VT2 усиливает импульсы генератора по напряжению и току. Регулируя скважность импульсов, изменяют среднее значение тока через паяльник и температуру его жала.

В качестве микросхемы DD1 можно использовать также К155ЛА3, К155ЛЕ1 и их аналога из серий К133, К158, К555. Транзистор VT1 — КТ608 (А, Б), КТ3117 (А, Б); VT2 — КТ819 (Б, В), КТ817 (Б — Г). Конденсатор C1 — типа К50-29, C2 — К50-16, C3 — КМ-6. Трансформатор T1 имеет магнитопровод ШЛ20×20. Обмотка I содержит 2000 витков провода ПЭВ-2 0,31, обмотка II — 365 витков провода ПЭВ-2 0,67.

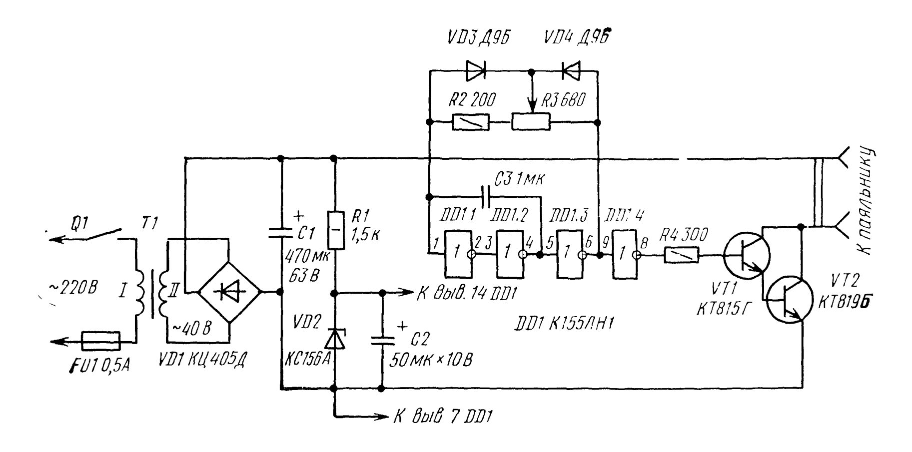


Рис. 88. Схема транзисторного регулятора мощности паяльника

Достоинством данного регулятора перед аналогичным тринисторным регулятором является возможность регулирования мощности паяльника при питании его от источника постоянного напряжения (например, от аккумуляторов в полевых условиях). В этом случае отпадает надобность в трансформаторе T1, выпрямителе VD1.

Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов

Монтажные провода в пластмассовой изоляции радиолюбители зачищают обычно с помощью ножа, ножниц или бокорезов. При этом, как правило, повреждается и металлическая жила провода. Кроме того, шелковую оплетку, если она есть, удалить таким способом весьма трудно. Предлагаемое несложное устройство позволяет быстро и качественно удалять изоляцию с концов монтажных проводов типа МГШВ, МГТФ и др. При этом металлические жилы проводов совершенно не повреждаются.

Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов (рис. 89) представляет собой нихромовую проволоку 1, закрепленную на двух держателях 2 с помощью винтов 3. Держатели укреплены винтами на текстолитовой пластине 4 толщиной 6 ... 10 мм. Здесь же установлена кнопка 5 с помощью винтов 6. Токоподводящие провода 7 закреплены жестяным хомутиком 8.

Для питания приспособления используется трансформатор, вторичная обмотка которого рассчитана на напряжение 4 ... 5 В при токе 4 ... 5 А. Можно применять трансформатор ТВК-110Л-1, удалив с него все вторичные обмотки и намотав новую вторичную обмотку, содержащую 45 витков провода ПЭВ-1 1,2. Первичная обмотка трансформатора во время выполнения работ все время включена в сеть, а нихромовую проволоку (ее диаметр 0,7 ... 0,9 мм)

с помощью кнопки кратковременно подключают к вторичной обмотке трансформатора.

Приспособление держат в правой руке, нажимают на 2...3 с кнопку и, вставив конец провода внутрь рабочей части нихромовой проволоки, поворачивают провод на 1—1,5 оборота. После этого изоляция легко снимается с помощью пинцета.

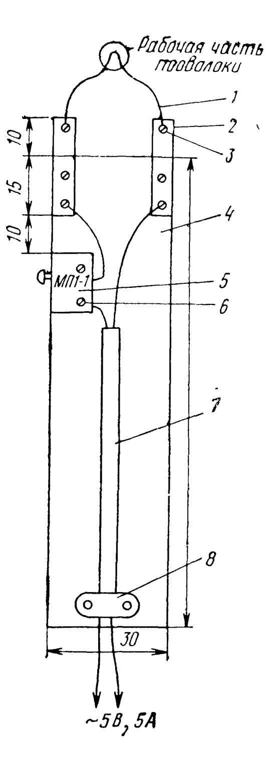


Рис. 89. Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов

Источники питания

Устройства, собранные на полупроводниковых приборах (транзисторы, тринисторы, микросхемы) и электромагнитных реле, питаются от источников постоянного напряжения. Как правило, отклонения напряжения от номинального значения не должны выходить за границы определенных допусков (например, для микросхем серии К155 питающее напряжение должно составлять 5 В±5%). Поэтому источник питания устройств кроме трансформатора и выпрямителя должен содержать еще и стабилизатор напряжения.

Основой стабилизатора напряжения чаще всего служит кремниевый стабилитрон, включенный в обратном направлении (катодом к положительному полюсу источника питания, анодом — к отрицательному). При таком включении напряжение на стабилитроне (напряжение стабилизации $U_{ст}$) мало зависит от тока через стабилитрон (тока стабилизации $I_{ст}$). Эти две величины и являются основными параметрами стабилитронов. Так, для стабилитрона КС156А напряжение стабилизации (номинальное) составляет 5,6 В (при номинальном токе стабилизации 10 мА), а ток стабилизации может быть в пределах 3...50 мА. Если нагрузка потребляет больший ток, применяют усилитель тока. В простейшем случае это может быть транзистор, включенный по схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель).

Схема такого источника питания показана на рис. 90. Напряжение сети, пониженное трансформатором Т1 до 8...10 В, выпрямляется диодным мостом VD1 и подается на стабилизатор напряжения, в котором транзистор VT1 включен эмиттерным повторителем. Напряжение на выходе стабилизатора на 0,5...1 В меньше напряжения на стабилитроне VD2. По аналогичной схеме можно строить стабилизаторы и на другие значения питающих напряжений; следует лишь для каждого случая подобрать соответствующие стабилитрон и сопротивление резистора R1. Максимальный выходной ток стабилизатора $I_{вых\,max}$ зависит от используемого стабилитрона и статического коэффициента

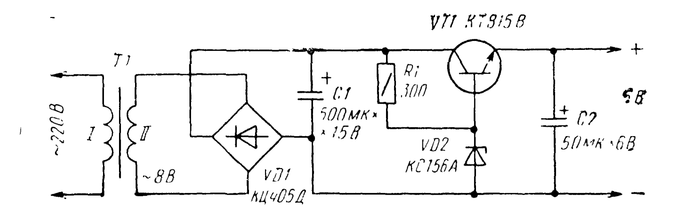


Рис. 90. Схема стабилизированного источника питания

передачи тока транзистора $h_{21Э}$ и может быть найден по формуле

$I_{вых\ max} = h_{21Э} I_{ст\ max}$.

Стабилизатор напряжения, собранный по схеме на рис. 90, обладает сравнительно невысокими эксплуатационными характеристиками, но тем не менее может успешно применяться для питания многих радиотехнических устройств (см., например, схемы на рис. 17, 20, 28 и др.).

На рис. 91 приведена схема еще одного стабилизатора напряжения, но с использованием ОУ. Такие усилители имеют очень большой коэффициент усиления (несколько сотен и даже тысяч) и два входа — инвертирующий (на графическом изображении ОУ обозначают кружком) и неинвертирующий. Сигналы, поданные на эти входы, суммируются с учетом их знака и многократно усиливаются. Характерная особенность стабилизатора напряжения с применением ОУ заключается в том, что в нем выходное напряжение сравнивается с образцовым (опорным) и таким образом поддерживается на заданном уровне.

Рассмотрим по схеме более подробно работу такого стабилизатора напряжения. Выходное напряжение с делителя R2R3 подается на инвертирующий вход ОУ, а образцовое напряжение, снимаемое со стабилитрона VD1, — на

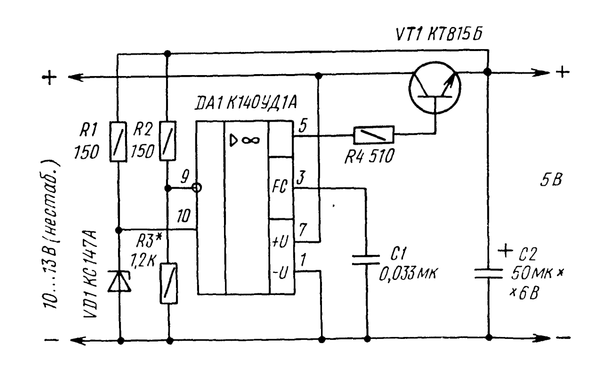


Рис. 91. Схема стабилизатора напряжения с использованием операционного усилителя

неинвертирующий вход. При небольшом изменении напряжения на выходе стабилизатора на инвертирующем входе (вывод 9) появляется сигнал рассогласования, который многократно усиливается и изменяет напряжение на регулирующем транзисторе VT1 таким образом, что напряжение на выходе стабилизатора практически не изменяется. Этот процесс длится всего несколько микросекунд.

Напряжение на выходе стабилизатора можно определить по упрощенной формуле

$$U_{вых}=U_{ст}(R2+R3)/R3.$$

Изменяя в небольших пределах сопротивления резисторов R2 и R3, можно изменять выходное напряжение стабилизатора. При этом, как видно из формулы, выходное напряжение не может быть меньше напряжения стабилизации стабилитрона.

Резистор R4 ограничивает выходной ток ОУ, конденсатор C1 предотвращает возбуждение устройства. Коэффициент стабилизации этого источника напряжения составляет 200 ... 400, а выходное сопротивление — несколько миллиом. Максимальный выходной ток равен произведению предельно допустимого выходного тока ОУ на коэффициент $h_{21э}$ транзистора VT1 и для данной схемы составляет 500 ... 600 мА. Если же для питания устройства требуется больший ток, чем может обеспечить один регулирующий транзистор, следует применять составной транзистор (например, типов КТ972, КТ825, КТ827). При отсутствии составного транзистора в одном корпусе его можно выполнить из двух обычных транзисторов одной или разных структур.

На рис. 92, *а* показана схема составного транзистора, образованного транзисторами одной структуры (*n-p-n*), на рис. 92, *б* — образованного транзисторами разных структур (VT1 — *p-n-p*, VT2 — *n-p-n*). Резистор R1 обеспечивает нормальную работу стабилизатора при высоких температурах окружающей среды и малых токах нагрузки. Ток, протекающий через этот резистор, должен быть значительно больше обратного тока коллекторного перехода транзистора VT1 при наибольшей рабочей температуре. Если ток через регулирующий транзистор VT1 превышает 70 ... 100 мА, транзистор следует устанавливать на

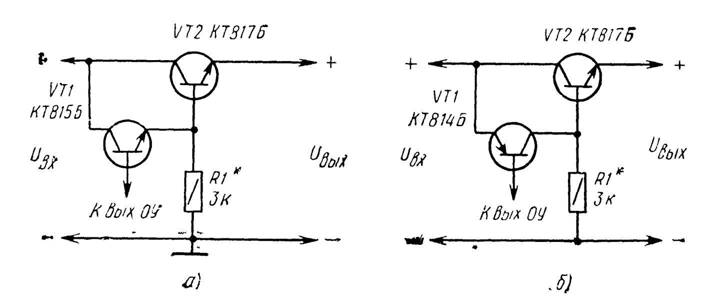


Рис. 92. Составной транзистор из транзисторов структуры *n-p-n* (*а*) и из транзисторов разных структур (*б*)

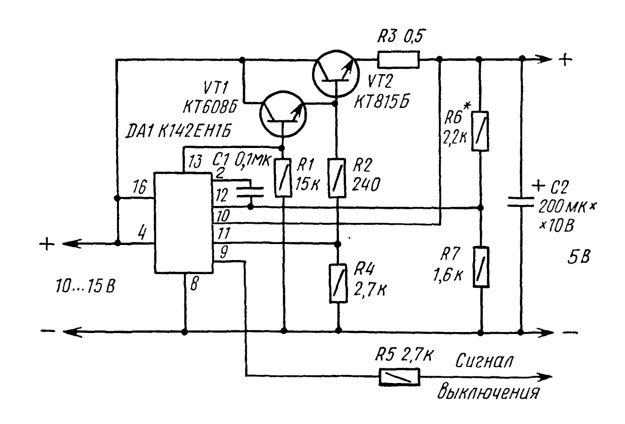


Рис. 93. Схема источника питания с использованием микросхемы — стабилизатора напряжения

радиатор. Площадь радиатора можно приближенно определить по формуле (для температуры окружающего воздуха около 20° С)

$$S=25U_{КЭ}I_{нагр},$$

где S — площадь поверхности охлаждения радиатора, см²; $U_{КЭ}$ — напряжение между коллектором и эмиттером регулирующего транзистора, В; $I_{нагр}$ — ток нагрузки стабилизатора, А.

На рис. 93 приведена схема еще одного варианта стабилизатора напряжения. В нем применена интегральная микросхема К142ЕН1Б, представляющая собой стабилизатор напряжения. Вот ее основные параметры: диапазон изменения входного напряжения 9 ... 20 В; пределы установки выходного напряжения 3 ... 12 В; максимальный ток нагрузки 0,15 А; минимальное падение напряжения на регулирующем элементе 4 В. В микросхеме предусмотрена защита от перегрузок по току и коротких замыканий.

Для указанных на схеме рис. 93 транзисторов и номиналов резисторов выходное напряжение составляет 5 В, а ток срабатывания защитного устройства — около 1 А (при уменьшении тока через нагрузку устройство автоматически принимает исходное состояние). При необходимости ток ограничения $I_{огр}$ может быть изменен подбором резистора R3. Его сопротивление рассчитывают по формуле

$$R3=0{,}5/I_{огр},$$

где R3 — в омах; $I_{огр}$ — в амперах.

Выходное напряжение устанавливают подбором резистора R6.

В микросхеме предусмотрен вход выключения стабилизатора. При подаче на вывод 9 через резистор R5 напряжения 2 ... 3 В напряжение на выходе становится равным нулю. Удобно управлять включением и выключением стабилизатора с помощью цифровых микросхем, имеющих питание 5 В.

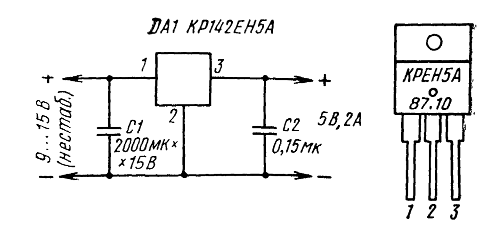


Рис. 94. Схема стабилизатора с фиксированным напряжением

В настоящее время промышленность выпускает интегральные стабилизаторы с фиксированным напряжением, содержащие в одном корпусе регулирующий транзистор и узлы управления им (микросхемы К142ЕН5, К142ЕН6). Схема стабилизатора напряжением 5 В представлена на рис. 94. Микросхема КР142ЕН5А содержит узел защиты от перегрузки по току. Максимальное значение тока для этой микросхемы составляет около 3 А.

На микросхеме К142ЕН3А можно выполнить стабилизированный источник напряжения, регулируемого в пределах от 3 до 30 В при токе нагрузки до 1 А. Схема представлена на рис. 95. Выходное напряжение регулируется резистором R4 и может быть вычислено по формуле $U_{вых}=2{,}6(R4+R5)/R5$, В. Суммарное сопротивление резисторов R4 и R5 не должно превышать 20 кОм. Ток ограничения $I_{огр}$ устанавливают резистором R3, сопротивление которого может быть вычислено по приближенной формуле $R3=0{,}6/I_{огр}$, где сопротивление берут в омах, а ток — в амперах. В стабилизаторе предусмотрена возможность отключения внешним сигналом. Для этого на резистор R1 подают положительное напряжение, которое должно обеспечивать ток через резистор R1 не более 3 мА. В стабилизаторе предусмотрена также тепловая защита (при нагревании корпуса микросхемы до определенной температуры выходное напряжение уменьшается до нуля). Температура отключения определяется сопротивлением резистора R2.

Микросхема DA1 должна быть установлена на радиаторе, обеспечивающем требуемую рассеиваемую мощность. Она не должна превышать 6 Вт. Для обес-

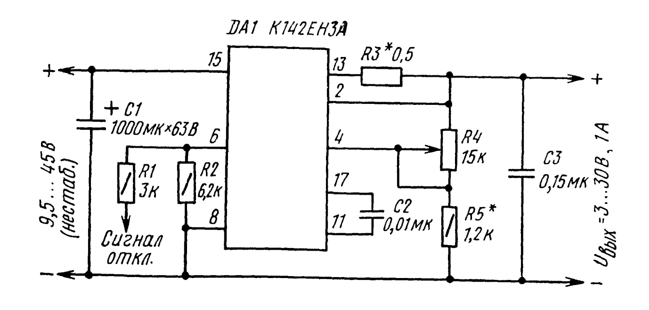


Рис. 95. Схема регулируемого источника напряжения на базе интегрального стабилизатора К142ЕН3А

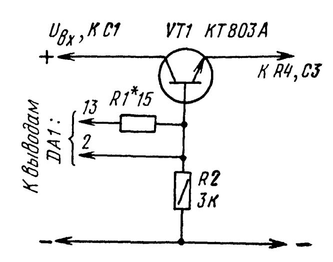


Рис. 96. Схема усилителя выходного тока стабилизатора напряжения

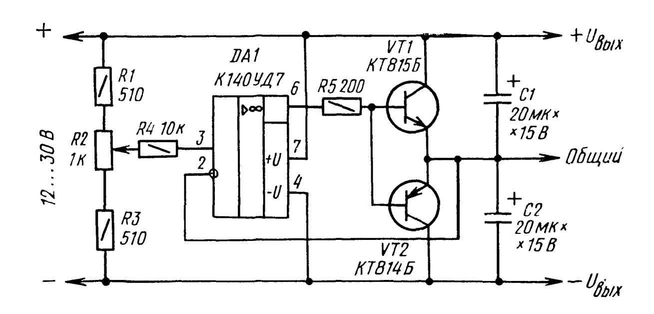


Рис. 97. Схема приставки для получения двуполярного напряжения из однополярного

печения этого условия во всем диапазоне регулируемого выходного напряжения следует применять ступенчатое регулирование выходного напряжения.

Если требуется увеличить допустимый выходной ток, можно применить усилитель тока на транзисторе.

Фрагмент схемы приведен на рис. 96. Резистор R1 подбирают исходя из требуемого тока ограничения (он выполняет ту же функцию, что и резистор R3 в предыдущей схеме). Ток нагрузки может достигать 5 ... 10 А.

Иногда возникает необходимость получить двуполярное напряжение от однополярного источника (например, для питания операционных усилителей). В этом случае можно воспользоваться приставкой, схема которой представлена на рис. 97.

Устройство представляет собой усилитель постоянного тока, выполненный на операционном усилителе DA1 и транзисторах VT1, VT2, включенных по схеме эмиттерного повторителя. Работает устройство следующим образом. Задающее напряжение подается на неинвертирующий вход ОУ (вывод 3) с делителя R1—R3 через резистор R4. На инвертирующий вход ОУ (вывод 2) подается сигнал с выхода эмиттерного повторителя (сигнал отрицательной обратной связи). Допустим, что по какой-либо причине напряжение на выходе эмиттерного повторителя стало больше, чем напряжение на движке переменного резистора R2. Тогда на входах ОУ будет действовать результирующий отрицательный сигнал. Напряжение на выходе ОУ при этом уменьшится, что вызовет приоткрывание транзистора VT2 и призакрывание транзистора VT1. В результате напряжение на выходе снизится. Поскольку коэффициент усиления ОУ составляет несколько десятков тысяч (для данного типа более 30 000), то в процессе работы напряжения на входах ОУ будут равны, следовательно, напряжение на выходе эмиттерного повторителя полностью определяется положением движка переменного резистора R2.

Операционный усилитель К140УД7 можно заменить на К140УД8, К140УД14, К140УД20, К140УД9. Выбор транзисторов VT1, VT2 определяется максимальным током, который необходимо получить от источника. Заметим, что через эти транзисторы протекает ток, равный разности токов нагрузок, подключенных к положительному и отрицательному выходам. Исходя из этого следует выби-

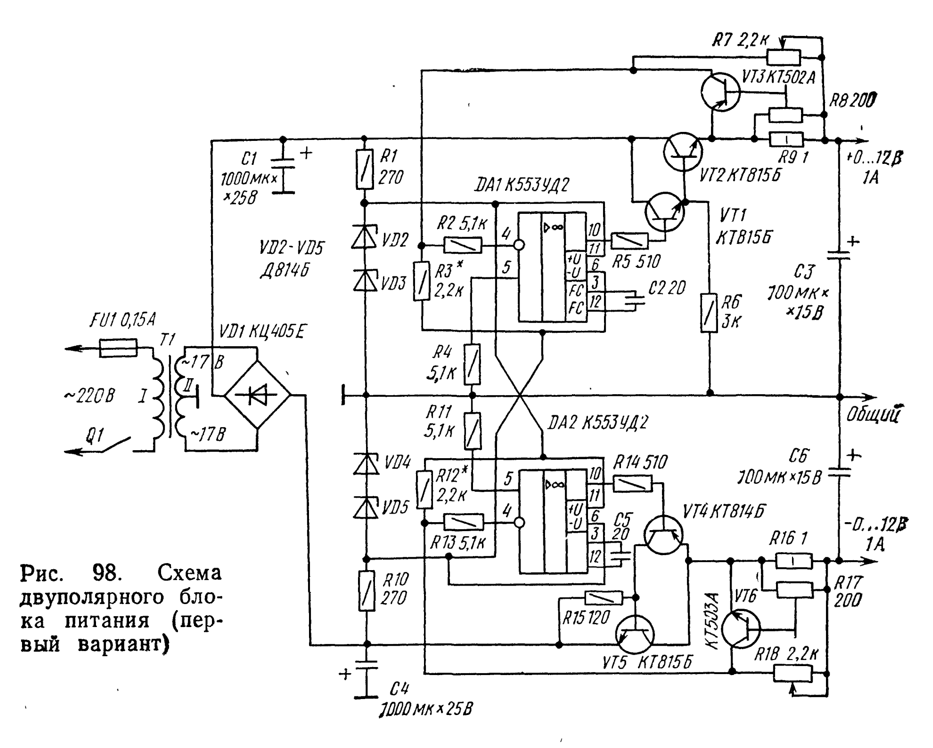


Рис. 98. Схема двуполярного блока питания (первый вариант)

рать и радиаторы для транзисторов. Кроме того, ток через транзисторы не может быть больше максимального выходного тока ОУ, умноженного на статический коэффициент передачи тока транзисторов $h_{21Э}$. В данном случае он может достигать 200 мА. При необходимости получения бо́льших токов следует применять составные транзисторы.

Двуполярные блоки питания

Для питания многих радиотехнических устройств требуется стабилизированный источник постоянного напряжения. Ниже будут приведены описания двух вариантов такого блока питания.

Схема первого варианта двуполярного блока питания показана на рис. 98. Напряжения на обоих его плечах регулируются независимо в пределах 0... 12 В. Максимальный выходной ток блока питания 1 А. Коэффициент стабилизации по выходному напряжению не менее 2000, выходное сопротивление не более 0,01 Ом.

Принцип действия этого стабилизатора напряжения аналогичен рассмотренному выше, но имеется и существенное отличие. Оно состоит в том, что оба ОУ питаются двуполярным напряжением, снимаемым с параметрических стабилизаторов VD2VD3R1 и VD4VD5R10. Благодаря такому включению ОУ напряжение на его выходе может изменяться от максимального отрицательного

до максимального положительного значения. Это позволило обеспечить регулирование выходного напряжения обеих полярностей, начиная от 0 В. При питании ОУ однополярным напряжением, как это сделано в предыдущей схеме, минимальное значение выходного напряжения составит 2 ... 4 В, а это ограничит возможности стабилизатора при наладке различных устройств.

Неинвертирующие входы обоих ОУ (выводы 5 микросхем) через резисторы R4 и R11 соединены с общим проводом, поэтому на этих входах ОУ — нулевой потенциал. В процессе работы такой же потенциал поддерживается и на инвертирующих входах ОУ (выводы 4 микросхемы); напряжение на них подается через резисторы R2 и R13 с делителей напряжения R3R7 и R12R18. Изменением сопротивлений резисторов R7 и R18 можно изменять выходное напряжение от минимального (движки резисторов в крайнем левом по схеме положении) до максимального (движки резисторов в крайнем правом по схеме положении).

Элементы VT3, R8, R9 и VT6, R16, R17 образуют систему защиты стабилизаторов от перегрузок по току. Рассмотрим работу системы защиты на примере верхнего (по схеме) плеча стабилизатора. Выходной ток стабилизатора, протекая через резистор R9, создает на нем падение напряжения. В зависимости от положения движка подстроечного резистора R8 при определенном значении выходного тока начинает открываться транзистор VT3, уменьшая напряжение между выходным плюсовым проводом и инвертирующим входом ОУ DA1. При этом составной транзистор VT1VT2 начинает закрываться, ограничивая тем самым выходной ток стабилизатора на определенном уровне.

При налаживании различных устройств, питаемых от такого блока, можно устанавливать различные токи ограничения.

Блок питания не боится и коротких замыканий, т. к. выходной ток каждого плеча также ограничивается системами защиты. Однако при длительном (несколько минут) коротком замыкании из-за перегрева могут выйти из строя регулирующие транзисторы VT2 и VT5.

Транзисторы VT2 и VT5 устанавливают на самостоятельных теплоотводящих радиаторах с охлаждающей поверхностью не менее 200 $см^2$. Помимо обозначенных на схеме транзисторов можно применять транзисторы типов КТ815, КТ817, КТ819, КТ803, КТ808, КТ903 с любыми буквенными индексами; в качестве VT4 можно рекомендовать КТ814, КТ816, КТ502, МП25, МП26 с любыми буквами; в качестве VT1 — КТ608, КТ602, КТ630, КТ503 с любыми буквами; VT3 и VT6 — любого типа на допустимое напряжение между коллектором и эмиттером не менее 25 В соответствующей структуры. Конденсаторы C1, C3, C4, C6 — К50-16; C2, C5 — типов КТ-2а, К10-7в; подстроечные резисторы R8 и R17 — типов СП5-2, переменные R7 и R18 — проволочные типа ППБ-2А (можно применять и обычные углеродистые типов СП-1, СП-2, но срок их службы будет меньше). Номинальное значение сопротивления переменных резисторов может составлять 1 ... 10 кОм, надо лишь помнить, что номиналы резисторов R3 и R7, R12 и R18 должны быть одинаковыми. Постоянные резисторы — типа МЛТ. Трансформатор T1 намотан на ленточном магнитопроводе ШЛ16×32. Обмотка I содержит 1320 витков провода

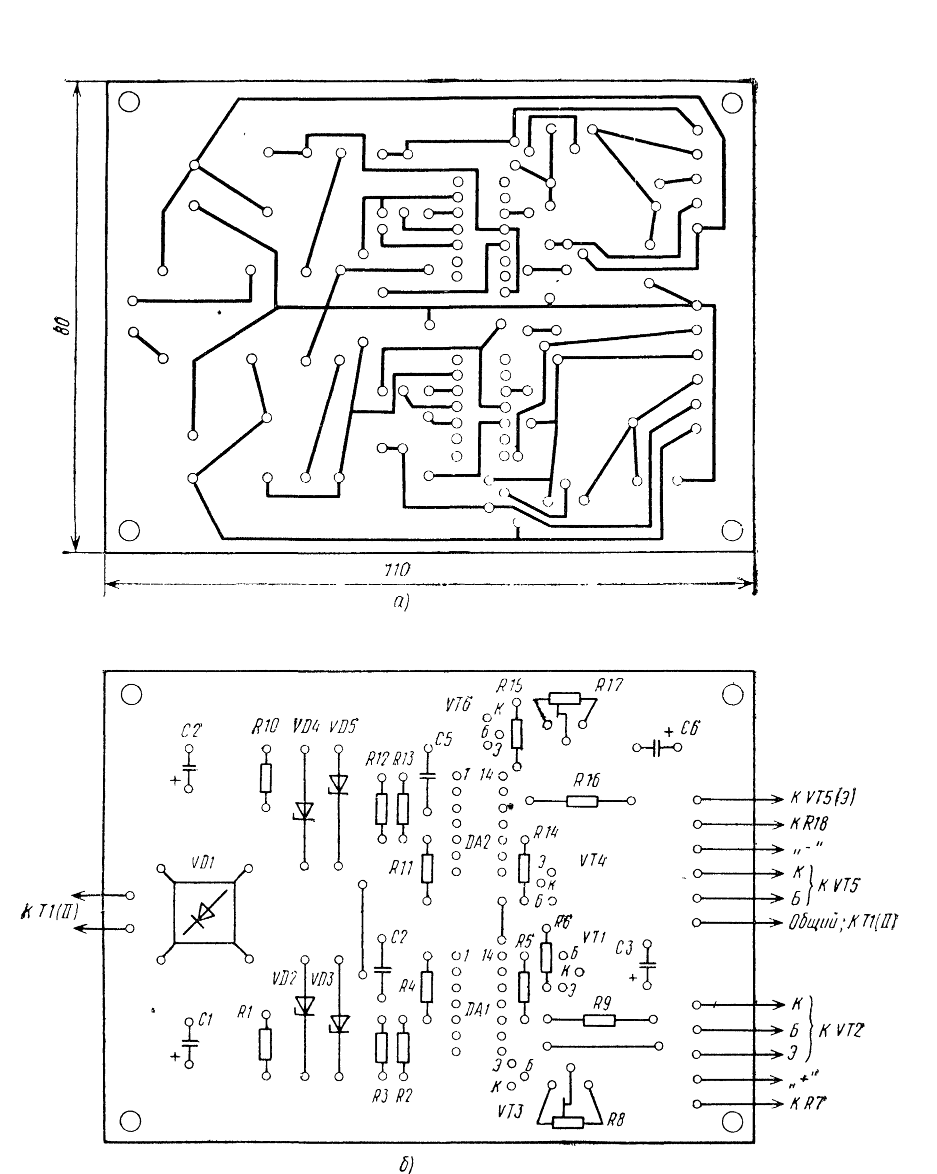
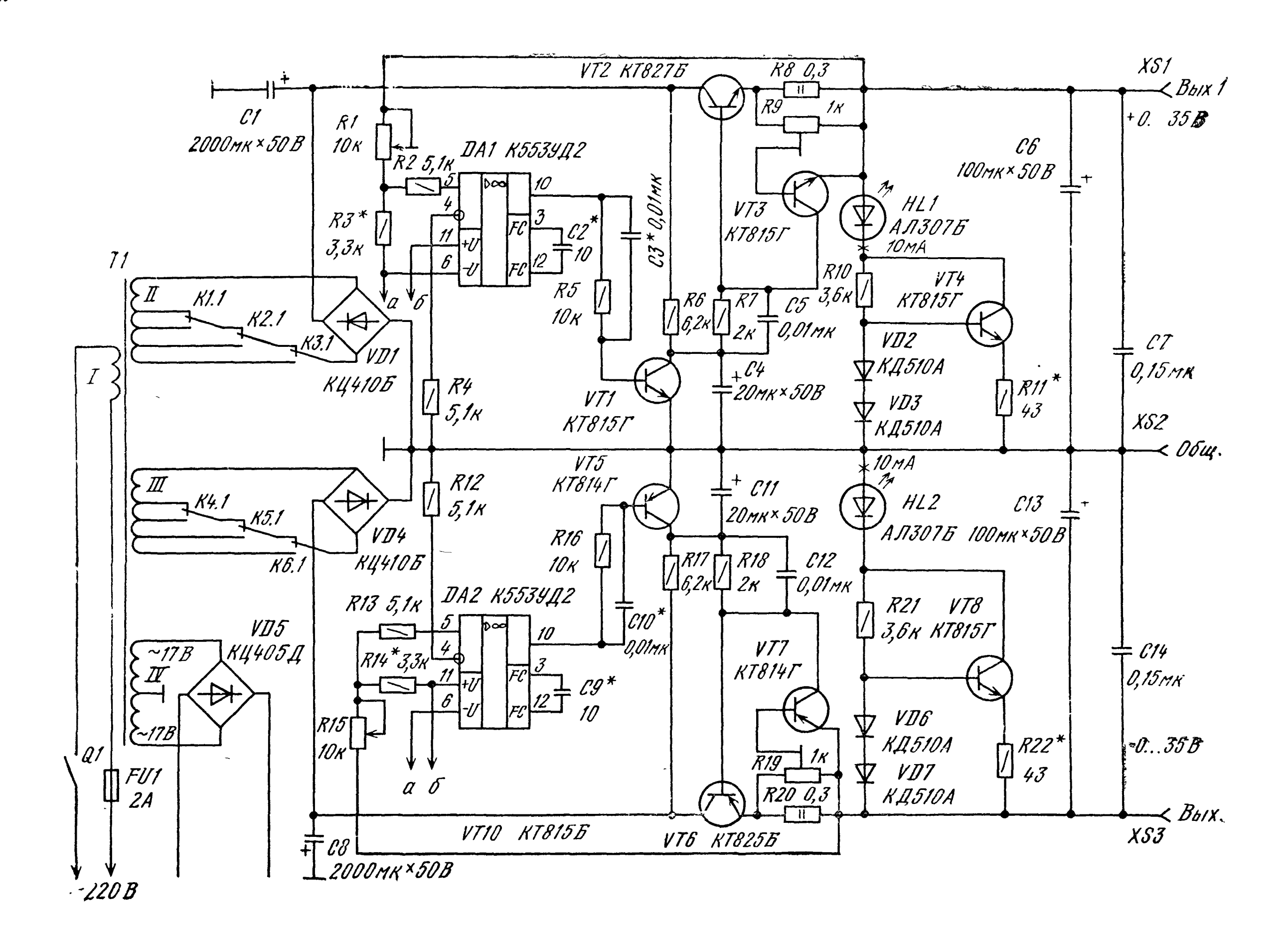


Рис. 99. Монтажная плата блока питания:
а — расположение печатных проводников; *б* — расположение деталей на плате

ПЭВ-1 0,23, обмотка II — 210 витков провода ПЭВ-1 0,62 с отводом от середины.

Двуполярный блок питания собран на печатной плате (рис. 99).



C1
2000мк×50В
R1
10к
R2 5,1к
DA1 К553УД2
R3*
3,3к
C2*
10
C3* 0,01мк
R5
10к
VT1
КТ815Г
VT2 КТ827Б
R8 0,3
R9
1к
VT3
КТ815Г
R6
6,2к
R7
2к
C5
0,01мк
C4
20мк×50В
HL1
АЛ307Б
10мА
R10
3,6к
VT4
КТ815Г
VD2
КД510А
VD3
КД510А
R11*
43
C6
100мк×50В
C7
0,15мк
XS1
Вых 1
+0. 35В
XS2
Общ.
T1
II
K1.1
K2.1
K3.1
VD1
КЦ410Б
I
R4
5,1к
III
K4.1
K5.1
K6.1
VD4
КЦ410Б
R12
5,1к
VT5
КТ814Г
R16
10к
C11
20мк×50В
R17
6,2к
R18
2к
C12
0,01мк
10мА
HL2
АЛ307Б
C13
100мк×50В
R21
3,6к
VT8
КТ815Г
C14
0,15мк
DA2 К553УД2
R13 5,1к
R14* 3,3к
C9*
10
C10*
0,01мк
VT7
КТ814Г
R19
1к
R20 0,3
VD6
КД510А
VD7
КД510А
R22*
43
-0...35В
VD5
КЦ405Д
~17В
IV
~17В
R15
10к
Q1
FU1
2А
а
б
C8
2000мк×50В
VT10 КТ815Б
VT6 КТ825Б
Вых.
XS3
~220В

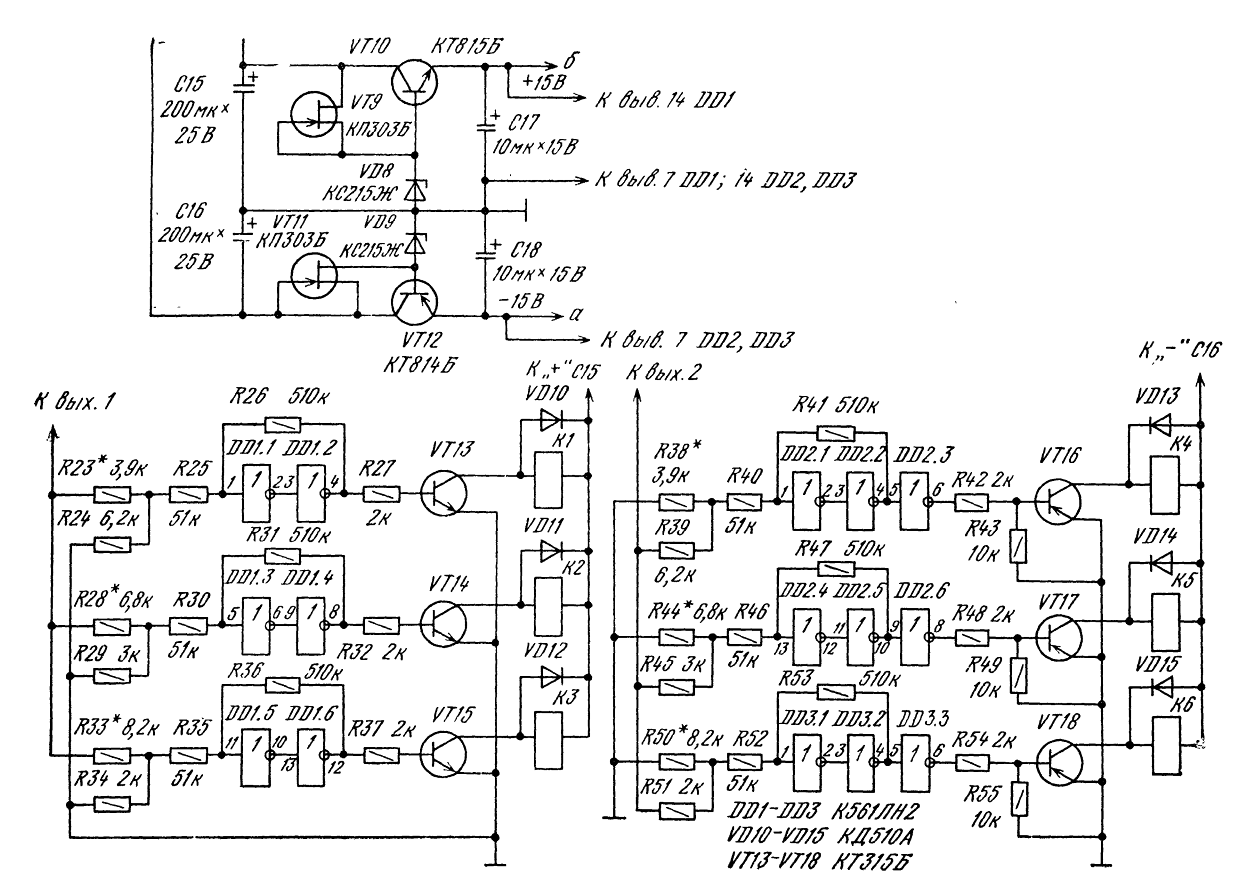


Рис. 100. Схема двуполярного блока питания (второй вариант). Транзисторы VT16—VT18 типа КТ502

Налаживание двуполярного блока питания состоит в подборе резисторов R3 и R12 таким образом, чтобы при крайнем правом (по схеме) положении движков переменных резисторов R7 и R18 напряжения на выходах обоих плеч были бы максимальными и составляли 12 ... 13 В. Подстроечными резисторами R8 и R17 устанавливают необходимый ток ограничения.

Второй вариант двуполярного блока питания (рис. 100) отличается от рассмотренного выше более широким диапазоном выходных напряжений и токов нагрузки, а также бо́льшим КПД.

Напряжение каждого плеча регулируется в пределах 0 ... 35 В. Ток нагрузки может достигать 3 А. Коэффициент стабилизации по входному напряжению не менее 2000, выходное сопротивление не более 0,005 Ом. Амплитуда пульсаций при максимальном токе нагрузки не превышает 5 мВ.

Принцип действия этого стабилизатора аналогичен рассмотренному выше, но имеются и отличия. Во-первых, использование усилителей напряжения на транзисторах VT1 и VT5 позволило получить выходное напряжение источника значительно большее, чем допустимое выходное напряжение операционного усилителя К553УД2 (оно составляет 10 В). Во-вторых, благодаря переключению выводов вторичных обмоток трансформатора в зависимости от значения выходного напряжения удалось уменьшить потери мощности на регулирующих транзисторах VT2, VT6, снизить их нагрев и повысить КПД устройства.

Рассмотрим некоторые особенности источника питания.

На транзисторах VT4 и VT8 выполнены стабилизаторы тока. Они обеспечивают протекание неизменного тока значением 10 мА через регулирующие транзисторы VT2 и VT6 при отсутствии внешней нагрузки; этот ток не зависит от выходного напряжения. Постоянная нагрузка на выходе стабилизатора предотвращает его возбуждение на высоких частотах.

На микросхемах DD1—DD3 выполнены шесть триггеров Шмитта, задающие пороги срабатывания электромагнитных реле К1—К6. Рассмотрим работу узла переключения обмоток на примере верхнего (по схеме) плеча источника питания. Основой узла являются три триггера Шмитта, выполненные на логических элементах микросхемы DD1. Порог срабатывания каждого собственно триггера при повышении напряжения составляет около 7 В, а гистерезис — около 1 ... 1,5 В. Если напряжение на выходе 1 источника превышает порог срабатывания триггера, то срабатывают электромагнитные реле К1—К3. Реле К1 срабатывает при повышении выходного напряжения до 9 В, К2 — 18 В, К3 — 27 В. Пороги срабатывания триггеров Шмитта подстраиваются с помощью делителей R23R24, R28R29, R33R34. Контакты реле К1.1 — К3.1 подключают к мостовому выпрямителю VD1 бо́льшую или меньшую часть обмотки II трансформатора Т1. При этом падение напряжения на регулирующем транзисторе VT2 не превышает 14 В, а мощность — 40 Вт. Нетрудно подсчитать, что при отсутствии такого узла переключения выводов обмотки максимальное напряжение на регулирующем транзисторе достигало бы 35 ... 40 В при мощности до 120 Вт. Таким образом, значительно снижены тепловые потери на регулирующих транзисторах, что улучшило тепловой режим источника.

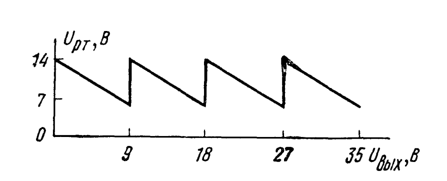


Рис. 101. Регулировочная характеристика источника питания

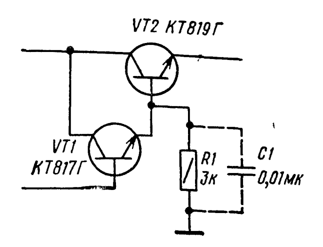


Рис. 102. Схема аналога составного транзистора *n-p-n* типа

При необходимости эти потери можно снизить еще, увеличив число триггеров Шмитта в каждом плече стабилизатора до 5—7.

Зависимость падения напряжения на регулирующем транзисторе $U_{рт}$ от выходного напряжения $U_{вых}$ (регулировочная характеристика) показана на рис. 101.

Регулирующий узел нижнего (по схеме) плеча источника работает аналогично, только для управления реле К4—К6 использованы транзисторы проводимости *p-n-p* типа.

Напряжение питания операционных усилителей, реле К1—К6 и цепей эталонного напряжения снимают с маломощного двуполярного стабилизированного выпрямителя, выполненного на транзисторах VT10 и VT12. Поскольку характеристики этого стабилизатора (в частности, уровень пульсаций) во многом определяют параметры источника питания в целом, стабилитроны VD8, VD9 питаются от стабилизаторов тока, выполненных на полевых транзисторах VT9 и VT11.

Составные транзисторы VT2, VT6 можно заменить парами транзисторов соответствующей проводимости. На рис. 102 показана схема аналога составного транзистора VT2. Аналогично заменяют и составной транзистор VT6, но используют транзисторы *p-n-p* типа (например, КТ816Г и КТ818Г). Конденсатор С1 может оказаться необходимым для устранения высокочастотного самовозбуждения.

Оксидные конденсаторы — типа К50-16 или К50-6, остальные — КМ-6, К10-23, К10-7В. Подстроечные резисторы R9, R19 — СП5-2, резисторы R8, R20 — С5-16МВ. Реле К1—К6 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или РЭС-34 (паспорт РС4.524.372). Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе ШЛМ40×50 (типовая мощность 270 Вт). Обмотка I содержит 525 витков провода ПЭВ-2 0,85; обмотки II и III — по 95 витков провода ПЭВ-2 1,32, отводы сделаны от 31, 54, 75-го витков, считая от верхних (по схеме) выводов обмоток; обмотка IV содержит 82 витка провода ПЭВ-2 0,31 с отводом от середины.

Транзисторы VT2 и VT6 установлены на радиаторы с охлаждающей поверхностью не менее 1000 см^2 каждый.

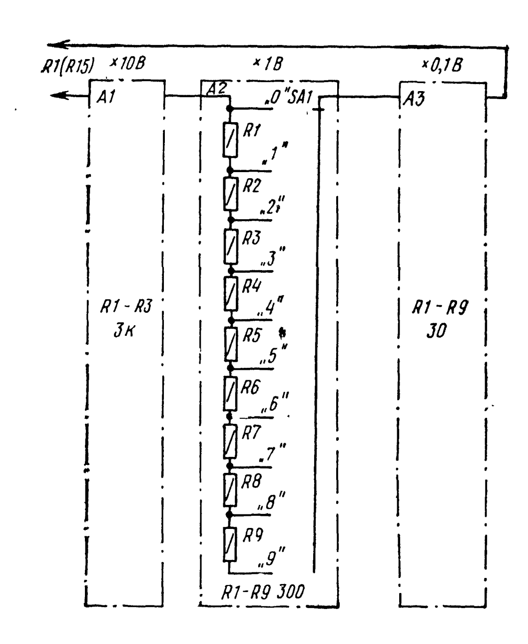


Рис. 103. Схема узла дискретного изменения выходного напряжения

Налаживание источника питания начинают с установки тока, протекающего через светодиоды HL1, HL2, который должен составлять около 10 мА. Этого добиваются подборкой резисторов R11, R22, при этом выходное напряжение может составлять 5 ... 35 В. Затем производят настройку порогов срабатывания триггеров Шмитта. Переменным резистором R1 (R15) устанавливают выходное напряжение равным нулю, а затем его плавно увеличивают. Реле К1—К3 должны срабатывать при напряжениях на выходе 1 источника 9, 18 и 27 В соответственно. Добиваются этого подборкой резисторов R23, R28 и R33. Затем аналогично настраивают пороги срабатывания триггеров в другом плече источника. После этого, установив движки переменных резисторов R1 и R15 в верхнее (по схеме) положение, резисторами R3 и R14 устанавливают максимальное напряжение обоих плеч 35 В.

Желательно с помощью осциллографа проверить, не возбуждается ли источник питания на высокой частоте. При наличии такого возбуждения следует подобрать конденсаторы C2, C3, C9, C10.

Поскольку выходное напряжение изменяют переменными резисторами, при установке напряжения к выходным зажимам следует подключать вольтметр. Если вместо переменных резисторов R1, R15 применить магазин постоянных резисторов и переключатели типа ПП10, имеющие оцифровку, выходное напряжение можно устанавливать переключателями без использования вольтметра.

При использовании трех переключателей шаг установки напряжения составит 0,1 В, что вполне достаточно для радиолюбительских целей. Схема показана на рис. 103. Общее сопротивление резисторов R1—R9, входящих в декады A1—A3, должно соответствовать сопротивлению переменных резисторов R1 и R15 и в данном случае равно примерно 10 кОм. Поэтому сопротивления резисторов в декаде A1 составляют 3 кОм, в декаде A2 — 300 Ом, в декаде A3 — 30 Ом. При этом следует иметь в виду, что в декаде A1 используют только резисторы R1—R3, в декадах A2 и A3 — все девять резисторов.

Зарядное устройство для гальванических элементов

Рассмотрим возможность многократного использования гальванических элементов и батарей. Как известно, наибольший эффект дает зарядка асимметричным током при соотношении зарядного и разрядного токов 10 : 1.

Схема зарядного устройства представлена на рис. 104. Генератор импульсов с регулируемой скважностью выполнен на логических элементах DD1.1—DD1.3. Частота следования импульсов около 100 Гц. На транзисторах VT1 и VT2 собран ключ, усиливающий импульсы генератора по току. Если на выходе логического элемента DD1.3 напряжение низкого уровня, транзисторы VT1, VT2 открыты и через батарею, подключенную к гнездам XS1, протекает зарядный ток. При напряжении высокого уровня на выходе элемента DD1.3 оба транзистора закрыты и батарея GB1 разряжается через резистор R7. Переменным резистором R1 изменяют в небольших пределах соотношение длительностей открытого и закрытого состояний транзистора VT2, т. е. скважность импульсов асимметричного тока.

Микросхему К561ЛН2 можно заменить на К561ЛА7, К176ЛА7; транзистор VT1 — любой из серий КТ203, КТ361, КТ501, VT2 — любой из серий КТ815, КТ817, КТ3117, КТ608. Диоды VD1, VD2 — Д311, КД503, КД509, Д223 с любыми буквами.

Налаживание устройства состоит в подборке резисторов R6 и R7 по требуемым значениям зарядного и разрядного токов. Напряжение питания выби-

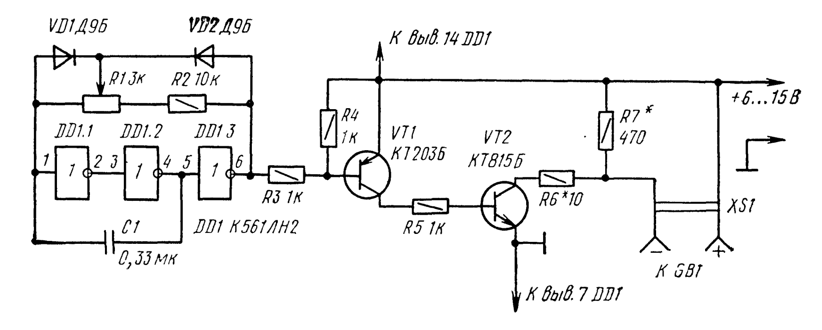


Рис. 104. Схема зарядного устройства для гальванических элементов

рают в пределах 6...15 В в соответствии с общим напряжением заряжаемых элементов. Зарядный ток выбирают исходя из (6...10)-часового режима заряда.

Скважность импульсов тока подбирают экспериментально — в зависимости от типа заряжаемых элементов.

Генераторы импульсов

Генераторы импульсов используют во многих радиотехнических устройствах (электронных счетчиках, реле времени), применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частот таких генераторов может быть от единиц герц до многих мегагерц.

На рис. 105 приведена схема генератора, который формирует одиночные импульсы прямоугольной формы при нажатии кнопки SB1. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран RS-триггер, предотвращающий проникновение импульсов дребезга контактов кнопки на пересчетное устройство. В положении контактов кнопки SB1, показанном на схеме, на выходе 1 будет напряжение высокого уровня, на выходе 2 — напряжение низкого уровня; при нажатой кнопке — наоборот. Этот генератор удобно использовать при проверке работоспособности различных счетчиков.

На рис. 106 показана схема простейшего генератора импульсов на электромагнитном реле. При подаче питания конденсатор C1 заряжается через резистор R1 и реле срабатывает, отключая источник питания контактами K1.1. Но реле отпускает не сразу, поскольку некоторое время через его обмотку будет протекать ток за счет энергии, накопленной конденсатором C1. Когда контакты K1.1 опять замкнутся, снова начнет заряжаться конденсатор — цикл повторяется.

Частота переключений электромагнитного реле зависит от его параметров, а также номиналов конденсатора C1 и резистора R1. При использовании реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) переключение происходит примерно один раз в секунду.

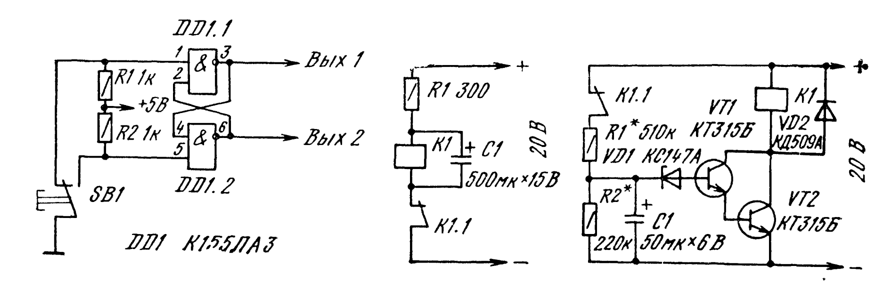


Рис. 105. Схема формирователя одиночных импульсов

Рис. 106. Схема генератора на электромагнитном реле

Рис. 107. Схема генератора импульсов на транзисторах и электромагнитном реле

Такой генератор можно использовать, например, для коммутации гирлянд на новогодней елке, для получения других световых эффектов. Его недостаток — необходимость использования конденсатора значительной емкости.

На рис. 107 приведена схема еще одного генератора на электромагнитном реле, принцип работы которого аналогичен предыдущему генератору, но обеспечивает частоту импульсов 1 Гц при емкости конденсатора в 10 раз меньшей. При подаче питания конденсатор С1 заряжается через резистор R1. Спустя некоторое время откроется стабилитрон VD1 и сработает реле К1. Конденсатор начнет разряжаться через резистор R2 и входное сопротивление составного транзистора VT1VT2. Вскоре реле отпустит и начнется новый цикл работы генератора. Включение транзисторов VT1 и VT2 по схеме составного транзистора повышает входное сопротивление каскада.

Реле К1 может быть таким же, как и в предыдущем устройстве. Но можно использовать РЭС-9 (паспорт РС4.524.201) или любое другое реле, срабатывающее при напряжении 15 ... 17 В и токе 20 ... 50 мА.

В генераторе импульсов, схема которого приведена на рис. 108, использованы логические элементы микросхемы DD1 и полевой транзистор VT1. При изменении номиналов конденсатора С1 и резисторов R2 и R3 генерируются импульсы частотой от 0,1 Гц до 1 МГц. Такой широкий диапазон получен благодаря использованию полевого транзистора, что позволило применить резисторы R2 и R3 сопротивлением в несколько мегаом. С помощью этих резисторов можно изменять скважность импульсов: резистор R2 задает длительность напряжения высокого уровня на выходе генератора, а резистор R3 — длительность напряжения низкого уровня. Максимальная емкость конденсатора С1 зависит от его собственного тока утечки. В данном случае она составляет 1 ... 2 мкФ. Сопротивления резисторов R2, R3 10 ... 15 МОм. Транзистор VT1 может быть любым из серий КП302, КП303.

При наличии микросхемы КМОП (серия К176, К561) можно собрать широкодиапазонный генератор импульсов без применения полевого транзистора.

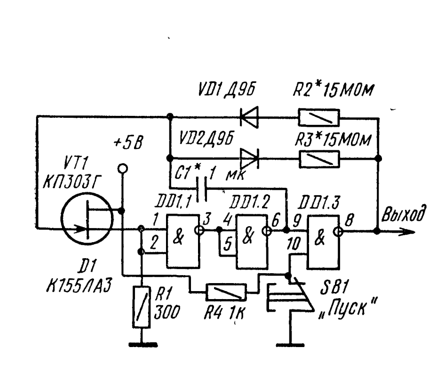


Рис. 108. Схема широкодиапазонного генератора импульсов

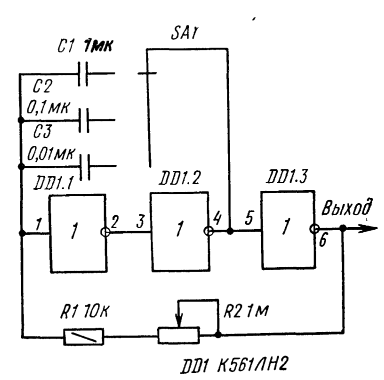


Рис. 109. Схема генератора импульсов на микросхеме КМОП

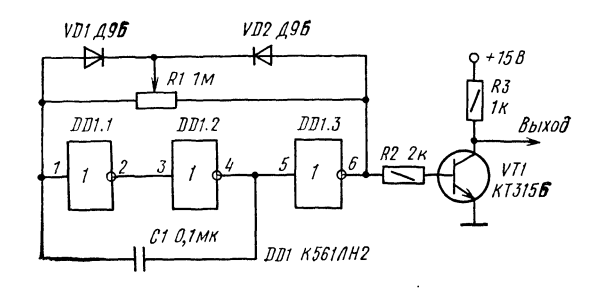


Рис. 110. Схема генератора импульсов с регулируемой скважностью

Схема приведена на рис. 109. Для удобства установки частоты емкость конденсатора времязадающей цепи изменяют галетным переключателем SA1. Диапазон частот, формируемых генератором, составляет 1 ... 10 000 Гц.

На рис. 110 представлена схема генератора импульсов с регулируемой скважностью. Скважность, т. е. отношение периода следования импульсов к длительности напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD1.3, резистором R1 может изменяться от 1 до нескольких тысяч. При этом частота импульсов также незначительно изменяется. Транзистор VT1, работающий в ключевом режиме, усиливает импульсы по мощности.

Генератор, схема которого приведена на рис. 111, вырабатывает импульсы как прямоугольной, так и пилообразной формы. Задающий генератор выполнен на логических элементах DD1.1—DD1.3. На конденсаторе С2 и резисторе R2 собрана дифференцирующая цепь, благодаря которой на выходе логического элемента DD1.5 формируются короткие положительные импульсы (длительностью около 1 мкс). На полевом транзисторе VT2 и переменном резисторе R4 выполнен регулируемый стабилизатор тока. Этот ток заряжает конденсатор С3 и напряжение на нем линейно возрастает. В момент поступ-

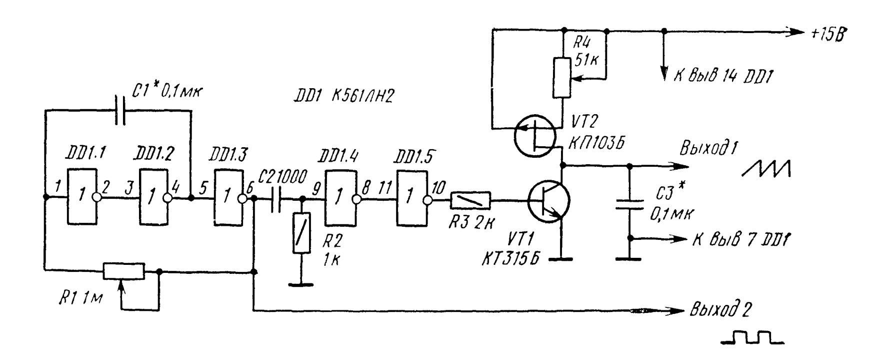


Рис. 111. Схема генератора пилообразных импульсов

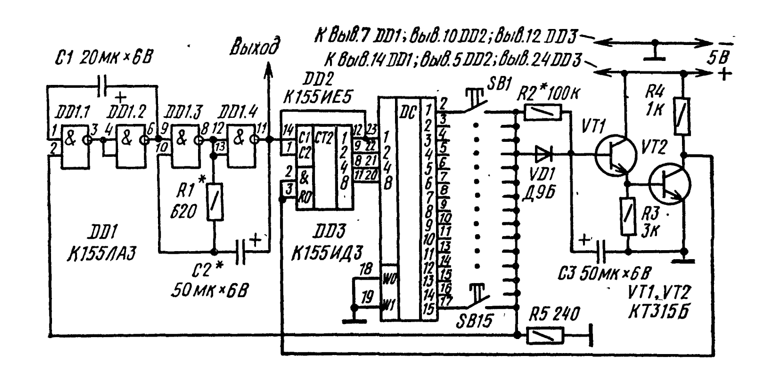


Рис. 112. Схема числоимпульсного генератора (первый вариант)

ления на базу транзистора VT1 короткого положительного импульса транзистор VT1 открывается, разряжая конденсатор C3. На его обкладках таким образом формируется пилообразное напряжение.

Резистором R4 регулируют ток зарядки конденсатора и, следовательно, крутизну нарастания пилообразного напряжения и его амплитуду. Конденсаторы C1 и C3 подбирают исходя из требуемой частоты импульсов.

Иногда возникает необходимость в построении генератора, который формирует число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки.

Принципиальная схема устройства (первый вариант), реализующего такую возможность, приведена на рис. 112. Функционально оно включает генератор импульсов, счетчик и дешифратор. Генератор прямоугольных импульсов собран на логических элементах DD1.3 и DD1.4. Частота следования импульсов около 10 Гц. С выхода генератора импульсы поступают на вход двоично-десятичного счетчика, выполненного на микросхеме DD2. Четыре выхода счетчика соединены со входами микросхемы DD3, представляющей собой дешифратор на 4 входа и 16 выходов.

При подаче питающего напряжения на правых (по схеме) контактах всех пятнадцати кнопок SB1—SB15 будет напряжение низкого уровня, обеспечиваемое наличием низкоомного резистора R5. Это напряжение подается на вход ждущего мультивибратора, выполненного на элементах DD1.1, DD1.2 и конденсаторе C1, и гасящего импульсы дребезга контактов кнопок. На выходе ждущего мультивибратора — напряжение низкого уровня, поэтому генератор импульсов не работает. При нажатии одной из кнопок конденсатор C3 мгновенно заряжается через диод VD1 до напряжения высокого уровня, в результате чего на выводах 2 и 3 счетчика DD2 появляется напряжение низкого уровня, устанавливающее его в рабочее состояние. Одновременно через замкнутый контакт нажатой кнопки напряжение высокого уровня подается на вход ждущего мультивибратора и импульсы генератора поступают на вход счет-

чика. При этом на выходах дешифратора последовательно появляется напряжение низкого уровня. Как только оно появится на выходе, с которым соединен контакт нажатой кнопки, подача импульсов на вход счетчика прекратится. С вывода 11 элемента DD1.4 будет снято число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки. Если продолжать удерживать кнопку нажатой, то через некоторое время конденсатор C3 разрядится через резистор R2, счетчик DD2 установится в нулевое состояние и генератор выдаст новую серию импульсов. До окончания серии импульсов кнопку отпускать нельзя.

В устройстве использованы резисторы МЛТ-0,25; оксидные конденсаторы — К50-6. Транзисторы VT1, VT2 могут быть серий КТ312, КТ315, КТ201; диод VD1 — серий Д7, Д9, Д311. Кнопки SB1—SB15 — типов П2К, КМ1-1 и др.

Настройка числоимпульсного генератора заключается в установке подбором резистора R1 и конденсатора C2 требуемой частоты следования импульсов генератора, которая может быть в пределах от единиц герц до десятков килогерц. При частоте выше 100 Гц для выдачи полной серии импульсов требуется время не более 0,15 с, поэтому кнопку можно не удерживать пальцем — короткого нажатия ее вполне достаточно для формирования пачки импульсов.

На рис. 113 представлена схема еще одного числоимпульсного генератора (второй вариант), по принципу работы аналогичного описанному выше. Благодаря применению микросхем серии К176 схема генератора упростилась. Генератор формирует от 1 до 9 импульсов.

В двух описанных выше вариантах числоимпульсных генераторов необходимо удерживать кнопку нажатой до окончания серии импульсов, в против-

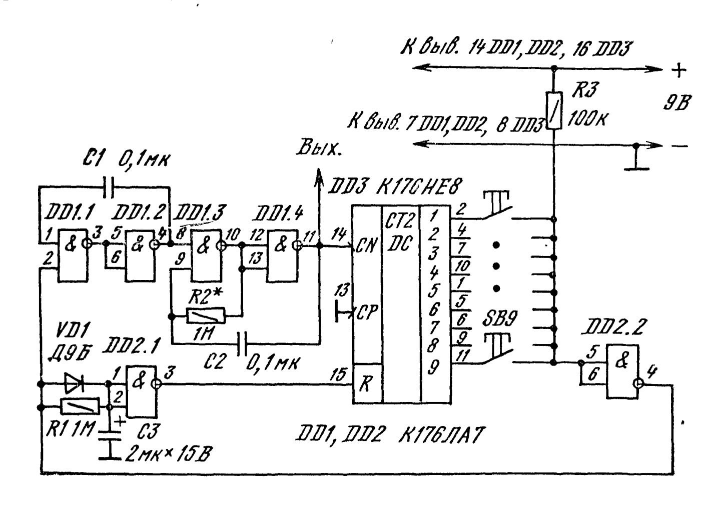


Рис. 113. Схема числоимпульсного генератора (второй вариант)

ном случае на выход поступит неполная пачка импульсов. Это является недостатком. На рис. 114 приведена схема третьего варианта числоимпульсного генератора, в котором импульсы начинают вырабатываться после отпускания кнопки.

На микросхемах DD1, DD2 и диодах VD1—VD3 собран шифратор, преобразующий десятичное число в двоичный код. Сигналы с выходов шифратора подаются на входы D1, D2, D4, D8 микросхемы DD4 (реверсивный счетчик) и на входы логического элемента 4ИЛИ-НЕ (DD3.1).

Рассмотрим работу генератора при нажатии кнопки SB3. Когда кнопка нажата, на выходах логических элементов DD1.1 и DD1.2 установится напряжение высокого уровня, а на выходах DD2.1, DD2.2 сохранится напряжение низкого уровня. На выходе логического элемента DD3.1 появится напряжение низкого уровня, которое через дифференцирующую цепь C1R11 поступит на вход C реверсивного счетчика DD4 и установит его в состояние 1100. При этом на выходе логического элемента DD3.2 установится напряжение низкого уровня, которое инвертируется логическим элементом DD5.1 и подготавливает к работе генератор на логических элементах DD5.2—DD5.4. После отпускания кнопки SB3 на выходе элемента DD3.1 появится напряжение высокого уровня, которое будет подано на выход 12 микросхемы DD5; начнет работать генератор. Импульсы с его выхода (вывод 11 микросхемы DD5) поступают на вход —1 реверсивного счетчика. При этом происходит уменьшение числа, записанного в счетчике, и на выходах 1, 2, 4, 8 счетчика последовательно появляются комбинации логических уровней 0100, 1000, 0000. При установке счетчика в состояние 0000 на выходе логического элемента DD3.2 установится напряжение высокого уровня и генератор остановится. На выход поступит три импульса.

Частота импульсов генератора определяется элементами C2 и R12 и может изменяться в широких пределах (от единиц герц до сотен килогерц).

В описанных здесь генераторах импульсов можно использовать резисторы МЛТ-0,25, конденсаторы К50-6, КМ-6. Транзисторы КТ315Б можно заменить транзисторами из серий КТ312, КТ315, КТ316. Диоды — любые из серий Д7, Д9, Д311. Кнопки — типов П2К, КМ1 и др. Микросхемы могут быть серий К133, К134, К136, К158, К555 для первого и третьего вариантов; К561 — для второго варианта.

Лабораторный трансформатор

При разработке различных устройств возникает необходимость регулирования переменного сетевого напряжения. Если при этом допускается искажение синусоидальной формы напряжения, можно применять тринисторные регуляторы, о которых рассказывалось выше. Если же требуется синусоидальное напряжение, необходимо применять трансформатор. Удобным является лабораторный автотрансформатор (например, типа ЛАТР-2М), обмотка которого намотана на тороидальном магнитопроводе, а подвижный контакт скользит по торцевой поверхности обмотки (предварительно очищенной от изоляции).

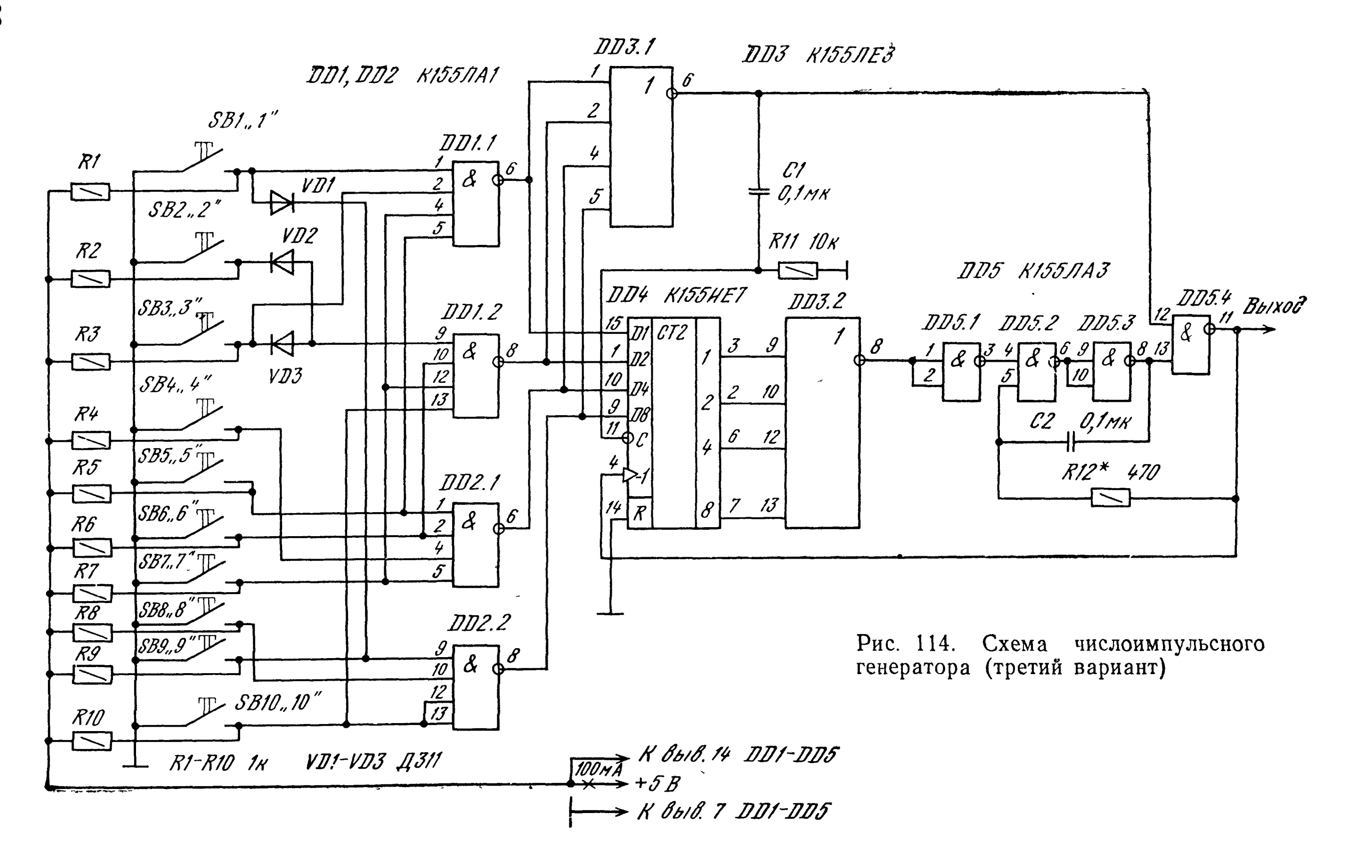


Рис. 114. Схема числоимпульсного генератора (третий вариант)

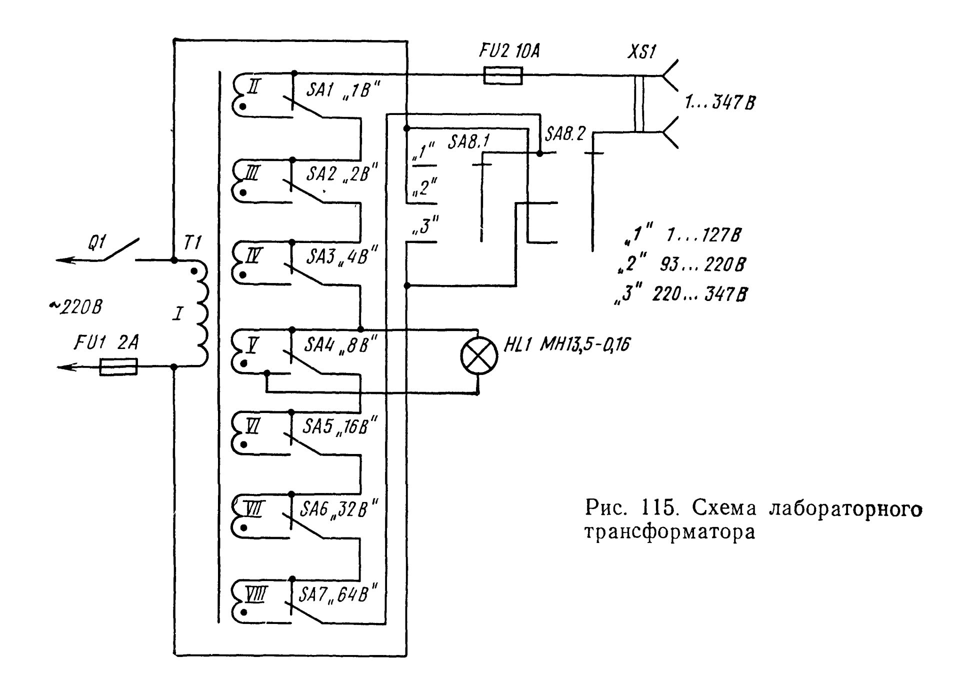


Рис. 115. Схема лабораторного трансформатора

Однако такие трансформаторы весьма дефицитны. Кроме того, надежность подвижного контакта со временем ухудшается. Гальваническая связь с сетью выходных зажимов также не всегда допустима.

Устройство, схема которого представлена на рис. 115, позволяет изменять синусоидальное напряжение на нагрузке в пределах от 1 до 347 В ступенями через 1 В, при этом на поддиапазоне изменения напряжений 1 ... 127 В гальваническая связь с сетью отсутствует. Допустимый выходной ток определяется наименьшим сечением провода обмотки из всех обмоток, участвующих в образовании требуемого напряжения, при этом максимальная мощность не должна превышать 170 Вт.

Регулирование напряжения осуществляется в трех поддиапазонах, тот или иной диапазон выбирается переключателем SA8. В первом поддиапазоне в формировании выходного напряжения участвуют обмотки II—VIII трансформатора T1. Напряжения обмоток имеют значения, равные степеням числа 2: 2^0, $2^1, \dots, 2^6$. Таким образом, путем последовательного соединения требуемых обмоток можно получить любое напряжение от 1 до 127 В ступенями через 1 В. Соединение обмоток производится переключателями SA1—SA7. В показанном на схеме положении переключателей все обмотки выключены.

В положении «2» переключателя SA8 вторичные обмотки трансформатора включаются последовательно-встречно с первичной обмоткой и их напряжения вычитаются. Следовательно, результирующее выходное напряжение может из-

Таблица 4

Номер обмотки	Напряжение обмотки, В	Число витков	Диаметр провода, мм	Ток обмотки, А
I	220	846	0,67	0,8
II	1	4,5	2,44	10
III	2	9	2,44	10
IV	4	17	1,6	4,6
V	8	34	1,5	4
VI	16	68	1,5	4
VII	32	136	0,8	1,1
VIII	64	272	0,6	0,6

меняться от 93 В (220 В — 127 В), когда все вторичные обмотки включены, до 220 В (220 В — 0 В), когда все вторичные обмотки выключены.

В положении «3» переключателя SA8 вторичные обмотки трансформатора соединяются последовательно-согласно с первичной обмоткой, так что их напряжения складываются. Минимальное выходное напряжение, когда вторичные обмотки выключены, составляет 220 В (220 В+0 В); максимальное выходное напряжение, когда в работу включены все вторичные обмотки, составляет 347 В (220 В+127 В).

Трансформатор T1 выполнен на магнитопроводе ШЛ25×40. Намоточные данные всех обмоток и максимальные токи представлены в табл. 4. Начала обмоток на принципиальной схеме обозначены точками. Тип обмоточного провода — ПЭВ-2 (обмотки I, IV—VIII), ПБД (обмоток II—III).

Первой наматывают обмотку I, затем VIII, VII, ... , II.

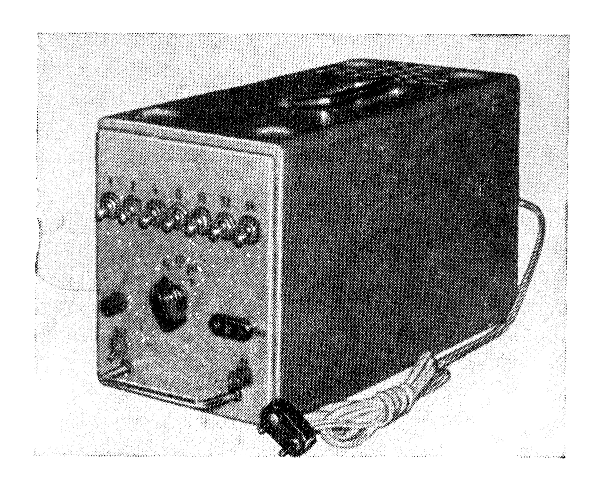


Рис. 116. Внешний вид лабораторного трансформатора

В качестве выключателя питания Q1, переключателей SA1—SA7 можно использовать тумблеры типа ТВ1-4, ТВ2-1 или ТП1-2. Галетный переключатель SA8 — ПГК-3П6Н, причем для повышения надежности контакты объединены в два переключателя по три группы контактов в каждом.

Внешний вид лабораторного трансформатора представлен на рис. 116.

ОТДЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Счетные декады

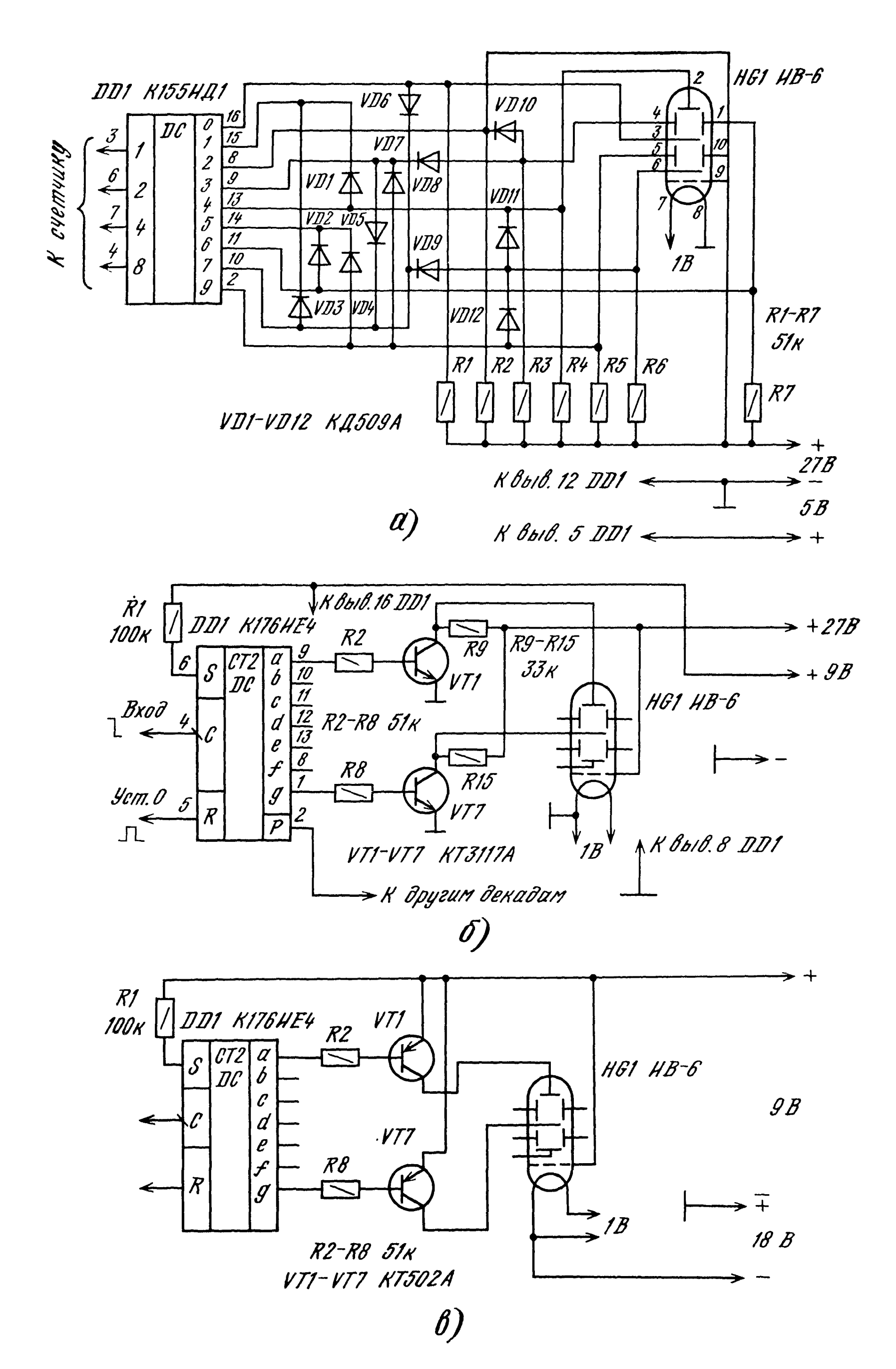
В этом разделе приведены описания различных узлов электронных устройств, которые могут быть использованы при разработке разнообразных конструкций. Применение таких узлов позволит упростить разработку приборов и сократить требующееся на это время.

На рис. 117 показаны схемы трех декад с использованием в них вакуумных люминесцентных индикаторов ИВ-3, ИВ-4, ИВ-6. В декаде по схеме рис. 117, *а* работают десятичный дешифратор К155ИД1 и дешифратор, выполненный на диодах VD1—VD12. В декаде по схеме рис. 117, *б*, *в* использована микросхема К176ИЕ4, представляющая собой двоичный счетчик, и дешифратор двоичного кода в код семисегментного индикатора. Триггеры микросхем К176ИЕ4 декад устанавливают в нулевое состояние при подаче напряжения высокого уровня на вход R, а переключаются триггеры спадом положительных импульсов на входе С. На выходах a — g микросхемы формируются сигналы управления семисегментным индикатором. При подаче напряжения низкого уровня на вход S состояние декады определяется напряжением высокого уровня на выходах a — g; при поступлении же на вход S напряжения высокого уровня состояние декады определяется напряжением низкого уровня. Такое переключение полярности сигналов расширяет область применения микросхем.

В декадах по рис. 117, *б* и *в* используются транзисторы разной структуры. В первой из них могут работать транзисторы КТ315 (Г — Е, И), КТ503, КТ608 (с любыми буквенными индексами), во второй — КТ208 (кроме букв А — В), КТ209Г (Д — Ж, И — М), КТ3107А (Б — Д, И, К).

Аноды люминесцентного индикатора можно подключать непосредственно к выходам микросхемы К176ИЕ4, как показано на рис. 117, *г*, однако при этом яркость их свечения ухудшится. Способ подключения люминесцентного индикатора к дешифратору К514ИД1 показан на рис. 117, *д*. При этом напряжение 10 В на анодах индикатора получается в результате соединения одного из выходов накала (он одновременно служит и катодом) с источником питания — 5 В. На рис. 117, *е* приведен пример использования в качестве высоковольтных ключей инверторов микросхемы К155ЛН3, рассчитанных на переключение напряжений до 30 В.

На рис. 118 показаны схемы вариантов счетчиков с индикацией состояния светодиодными индикаторами. Дешифратор К514ИД1 (рис. 118, *а*) предназна-



DD1 K155ИД1
DC
К счетчику
VD1–VD12 КД509А
HG1 ИВ-6
R1–R7 51к
К выв. 12 DD1
К выв. 5 DD1
27В
5В
а)
DD1 K176ИЕ4
CT2 DC
R1 100к
Вход
Уст. 0
К выв. 16 DD1
R9–R15 33к
R2–R8 51к
+27В
+9В
HG1 ИВ-6
VT1–VT7 КТ3117А
К выв. 8 DD1
К другим декадам
б)
R1 100к
DD1 K176ИЕ4
HG1 ИВ-6
9В
18 В
R2–R8 51к
VT1–VT7 КТ502А
в)

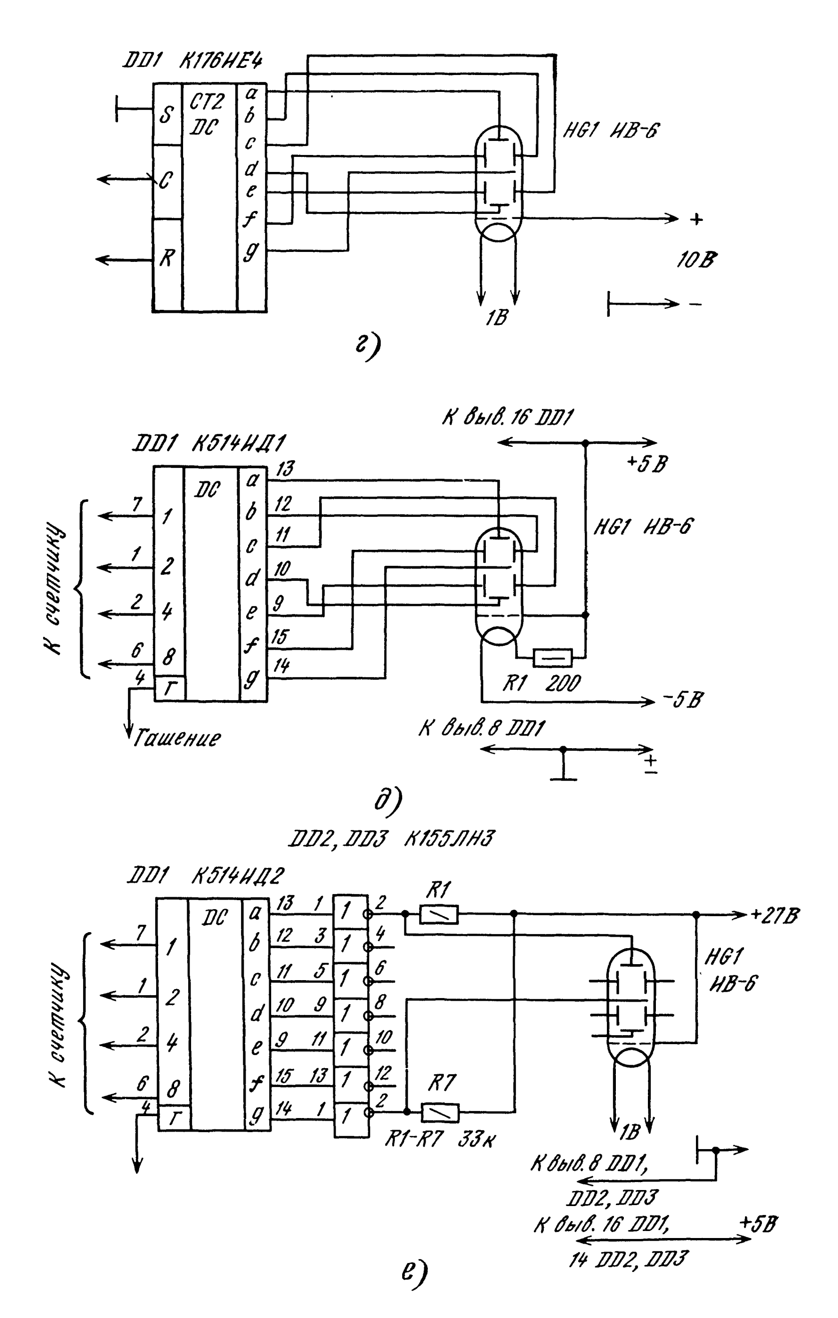
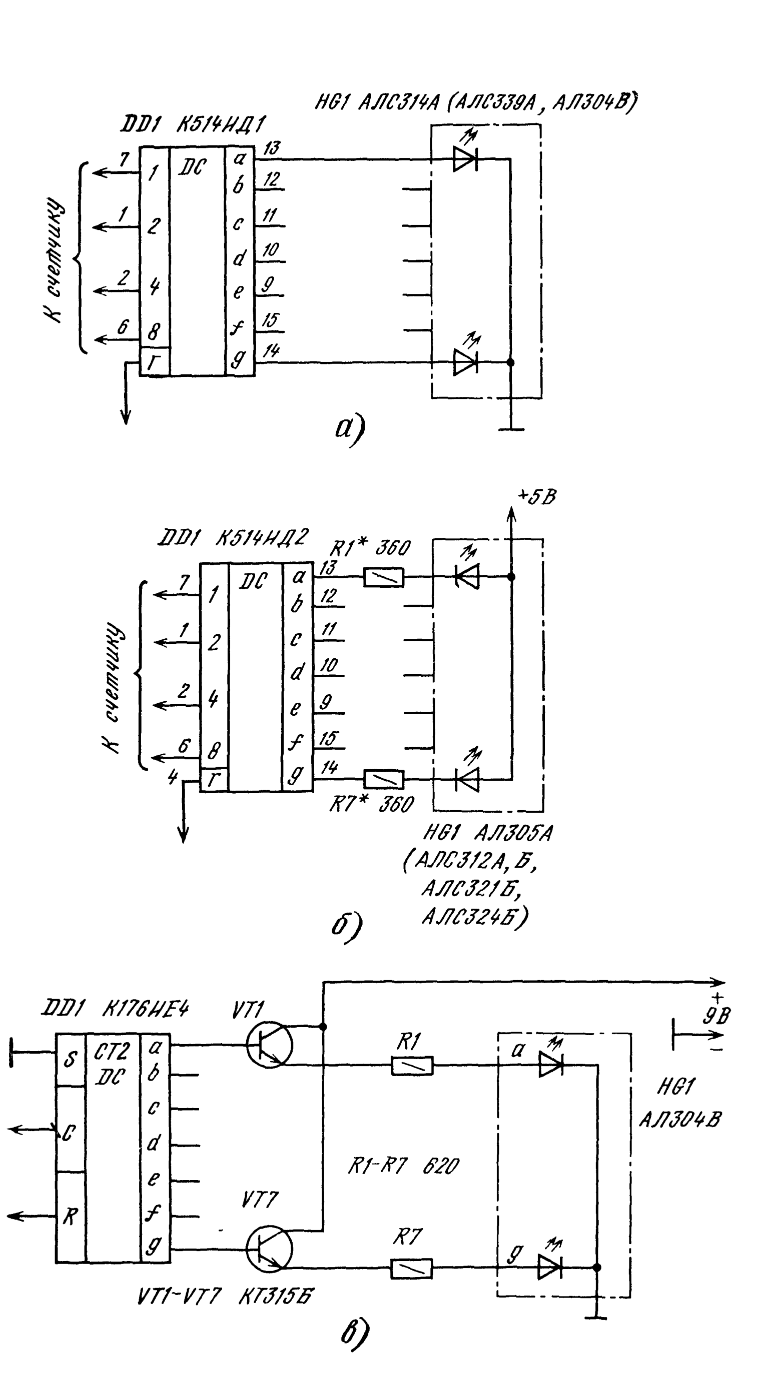


Рис. 117. Схемы счетных декад, работающих на люминесцентные индикаторы:
а — с дешифратором на микросхеме и диодах; *б—г* — с использованием микросхем К176ИЕ4; *д, е* — с использованием микросхем К514ИД1 и К514ИД2



DD1 К514ИД1
HG1 АЛС314А (АЛС339А, АЛ304В)
DC
К счетчику
а)
DD1 К514ИД2
R1* 360
R7* 360
+5В
HG1 АЛ305А (АЛС312А,Б, АЛС321Б, АЛС324Б)
б)
DD1 К176ИЕ4
CT2 DC
VT1
VT7
R1
R7
R1–R7 620
VT1–VT7 КТ315Б
HG1 АЛ304В
+9В
в)

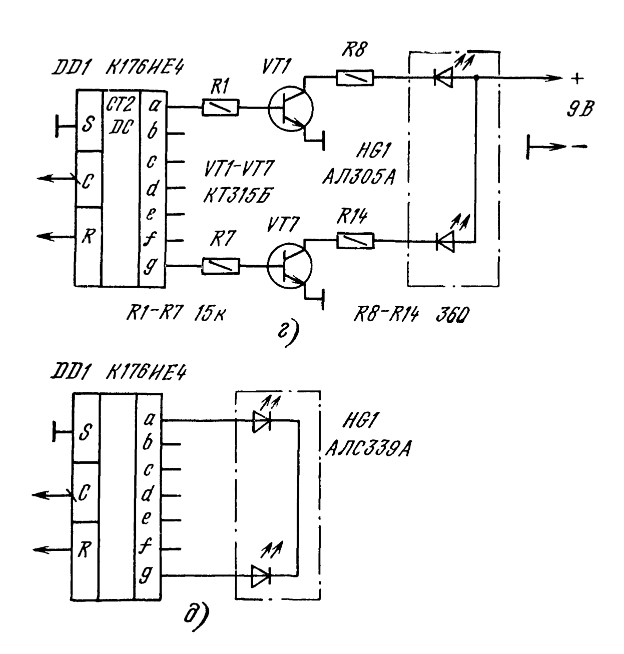


Рис. 118. Схемы счетных декад, работающих на светодиодные индикаторы:
а — с микросхемой К514ИД1; *б* — с микросхемой К514ИД2; *в—д* — с микросхемой К176ИЕ4; катоды светодиодов индикатора HG1 (рис. 118,*д*) соединены с общим проводом

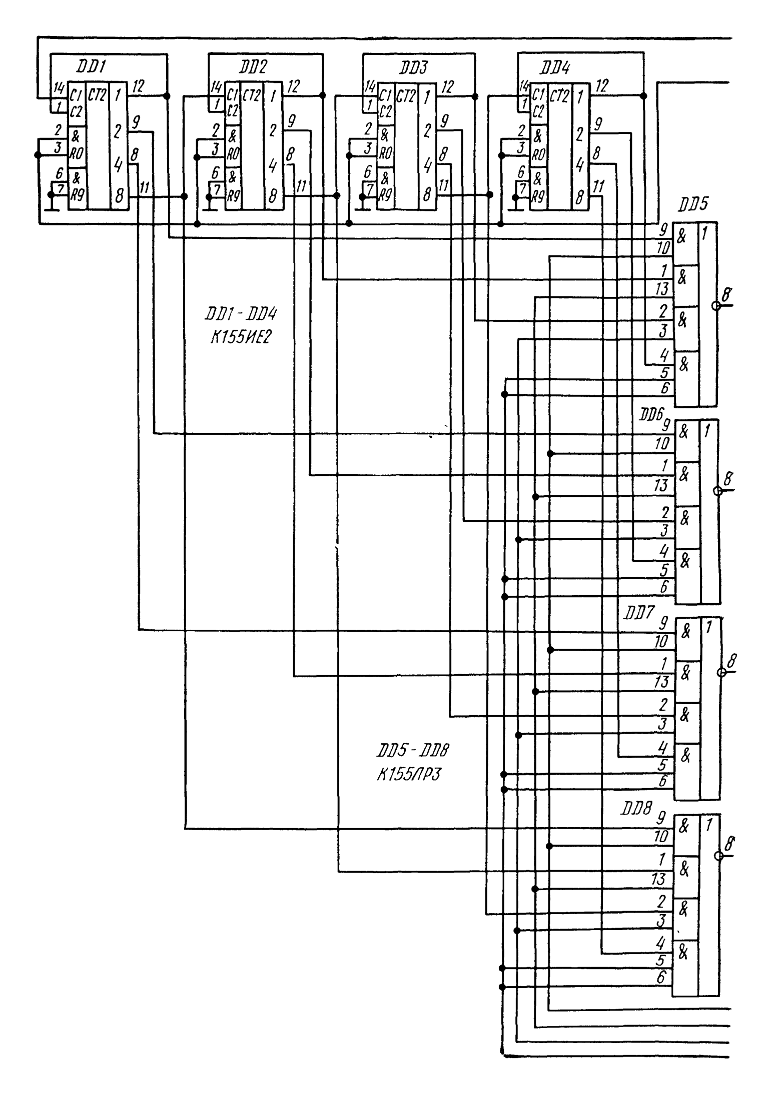
чен для работы с индикаторами, имеющими общий катод; дешифратор К514ИД2 (рис. 118, *б*) управляет индикаторами с общим анодом. В первом случае максимально допустимый выходной ток микросхемы равен 7,5 мА, во втором — 22 мА.

Варианты использования микросхемы К176ИЕ4 для совместной работы со светодиодными индикаторами показаны на рис. 118, *в—д*. К выходам микросхемы К176ИЕ4 счетчика по схеме рис. 118, *д* можно подключить индикаторы с током потребления на каждый сегмент не более 2 ... 3 мА.

Счетчик импульсов с динамической индикацией

Цифровые счетчики импульсов получили широкое распространение при конструировании цифровых измерительных приборов, дисплеев, электронных часов, электронных игр и т. д.

Предлагаемое устройство представляет собой 4-разрядный счетчик импульсов, работающий по методу динамической индикации, когда один и тот же дешифратор с транзисторными ключами используется для дешифрации состояний четырех декадных счетчиков и для управления четырьмя газоразрядными лампами.



Использование метода динамической индикации позволяет применять один и тот же узел счетчика (как правило — дешифратор) для работы в нескольких разрядах счетчика. Это дает возможность уменьшить число используемых элементов. Метод динамической индикации удобен и тогда, когда индикаторные лампы должны находиться на удалении от самого устройства: в этом случае за счет использования динамической индикации сократится число жил в соединительном кабеле. На рис. 119 показана принципиальная схема счетчика, а на рис. 120 — схема включения индикаторов, входных цепей и цепей питания.

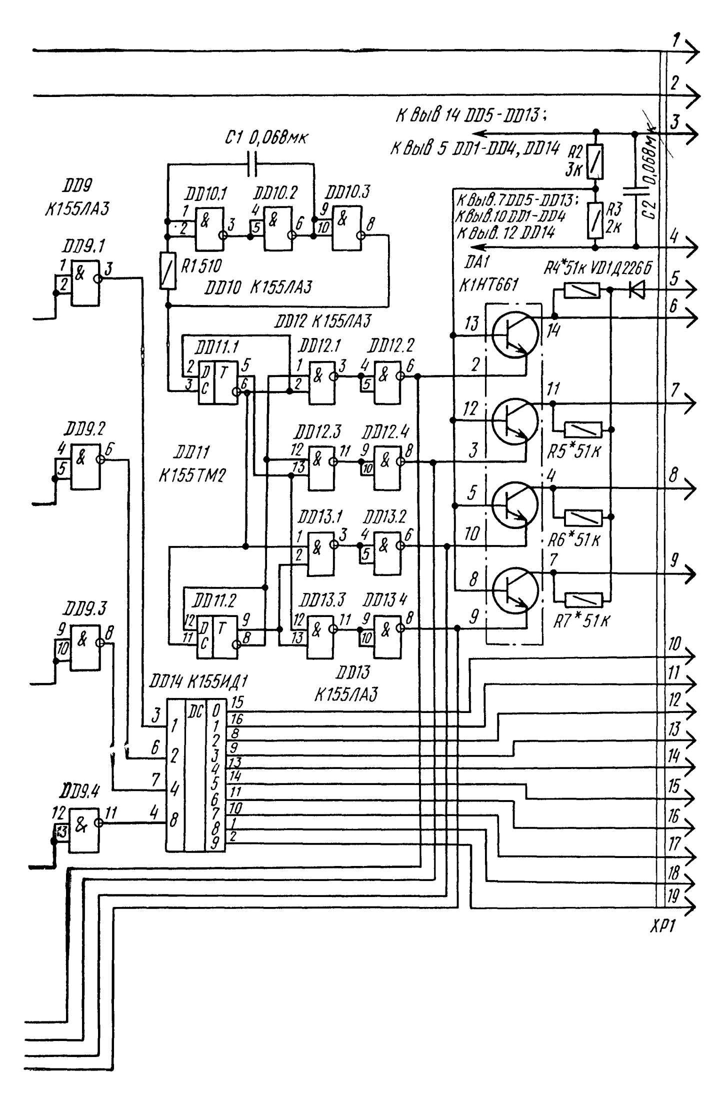


Рис. 119. Принципиальная схема счетчика

На микросхемах DD1—DD4 собраны декадные счетчики, соединенные последовательно друг с другом. Напомним, что микросхема К155ИЕ2 состоит из триггера со счетным входом C1 и счетчика с коэффициентом пересчета 5 со входом C2. Если выход триггера соединить со входом счетчика (т. е. соединить выводы 12 и 1 микросхемы), получится последовательный двоично-десятичный счетчик, работающий в коде 1-2-4-8. Временна́я диаграмма работы такого счет-

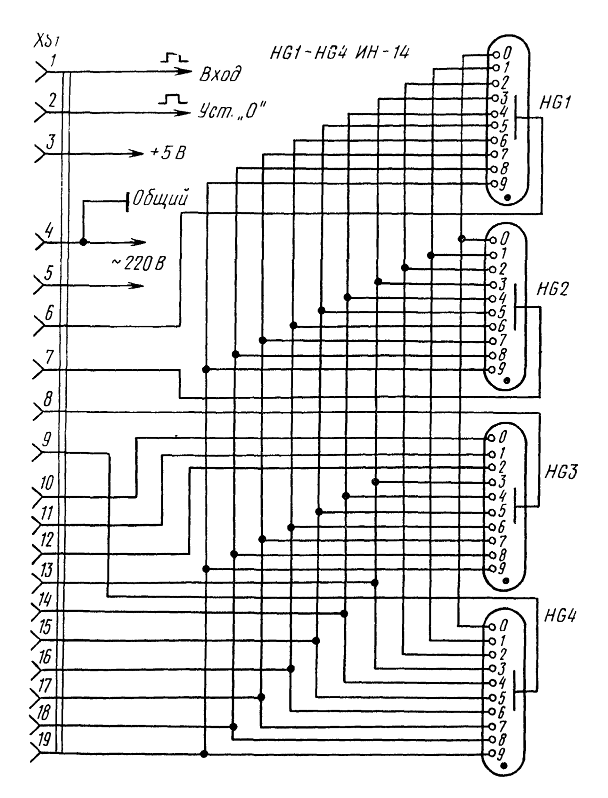


Рис. 120. Схема включения индикаторов, входных цепей и цепей питания

чика показана на рис. 121. Триггеры счетчиков устанавливают в состояние 0, одновременно подавая положительные импульсы на входы &R0. Популярность входных счетных импульсов, подаваемых на входы C1 и C2, положительная. Триггеры переключаются спадом входных импульсов. Максимальная частота импульсов, подаваемых на вход счетчика, составляет 10 МГц. Выходное сопротивление устройства, к которому может быть подключен вход 4-разрядного счетчика, должно быть не более 2 кОм. Напряжение высокого уровня в импульсе должно быть не менее 2,4 В, логического 0 — не более 0,4 В. Импульсы должны иметь крутые фронты.

На микросхеме DD10 собран генератор тактовых импульсов, частота следования которых составляет 2 ... 3 кГц. Эти импульсы поступают на счетчик с коэффициентом пересчета 4, собранный на двух D-триггерах микросхемы DD1.1. D-триггер работает следующим образом: после прихода синхронизирующего импульса на вход C на выходе триггера устанавливается такой логичеекий уровень, который был на входе D до прихода импульса. Если

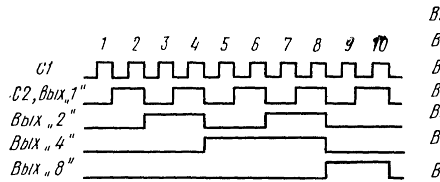


Рис. 121. Временные эпюры напряжений одного двоично-десятичного счетчика

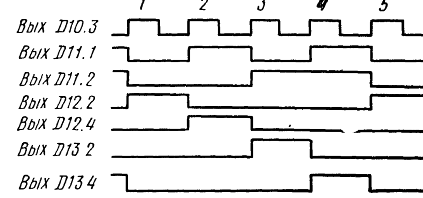


Рис. 122. Эпюры напряжений устройства

вход D соединить с инверсным выходом этого же триггера, то состояние триггера будет изменяться на противоположное после прихода каждого очередного импульса на вход C, т. е. триггер будет работать в счетном режиме. Соединив два таких счетных триггера последовательно, получим счетчик с коэффициентом пересчета 4. Дешифратор состояний этого счетчика выполнен на микросхемах DD12, DD13. Во время работы генератора тактовых импульсов на выходах логических элементов DD12.2, DD12.4, DD13.2, DD13.4 появляется последовательно напряжение высокого уровня. Работа генератора на микросхеме DD10, счетчика на микросхеме DD11 и дешифратора на микросхемах DD12, DD13 поясняется рис. 122.

Микросхемы DD5—DD8 представляют собой логические элементы 2-2-2-3И-4ИЛИ-НЕ. Это означает, что если напряжение высокого уровня имеется на всех входах хотя бы одного из элементов И (например, на выводах 9, 10), то на выходе микросхемы будет напряжение низкого уровня. Подключением к выходам микросхем инверторов DD9.1—DD9.4 и объединением выводов 5, 6 в каждой из микросхем DD5—DD8 логическая операция 2-2-2-2И-4ИЛИ-НЕ сведена к операции 2-2-2-2И-4ИЛИ, т. е. если хотя бы на одной паре входов одного из четырех элементов И есть напряжение высокого уровня, то на выходах микросхемы DD9 также будет напряжение высокого уровня.

Выходы инверторов DD9.1—DD9.4 подключены ко входам микросхемы DD14. Она представляет собой дешифратор, преобразующий двоичный код в десятичный, и высоковольтные транзисторные ключи, управляющие зажиганием цифр газоразрядных индикаторов HG1—HG4.

Выход логического элемента DD12.2 соединен со входами логических элементов И (выводы 10) каждой из микросхем DD5—DD8. Ко вторым входам этих логических элементов (выводы 9) подключены выходы микросхемы DD1. Когда на выходе DD12.2 имеется напряжение высокого уровня, уровни напряжения на выходах элементов DD9.1, DD9.2, DD9.3, DD9.4 повторяют соответственно уровни на выходах 1, 2, 4, 8 микросхемы DD1, т. е. происходит считывание информации, записанной в счетчике DD1. Когда напряжение высокого уровня имеется на выходе элемента DD12.4, информация считывается из счет-

чика DD2 и т. д. Таким образом, за время выработки генератором четырех тактовых импульсов на входы дешифратора DD14 поочередно поступает информация о состоянии счетчиков DD1, DD2, DD3, DD4.

Когда напряжение высокого уровня имеется на выходе логического элемента DD12.2, то транзистор, подключенный к выводам 2, 13, 14 микросхемы DA1, закрыт, а остальные транзисторы открыты, на анодах ламп HG2—HG4 напряжение низкого уровня и они не светятся; светится только одна из цифр лампы HG1. При поступлении следующего импульса с генератора тактовых импульсов оказывается закрытым следующий транзистор микросхемы DA1, поэтому под напряжением находится только лампа HG2, и так далее при поступлении следующих импульсов. Таким образом, лампа HG1 индицирует состояние счетчика DD1, HG2—DD2, HG3—DD3 и HG4—DD4. Так как частота тактовых импульсов достаточно велика, создается впечатление непрерывной работы каждой газоразрядной лампы.

Устройство собрано на плате из гетинакса размерами 112×95 мм. Здесь расположены только те элементы, которые обозначены на рис. 119. Все соединения выполнены проводами. Конденсаторы C1, C2 — типов КМ-6, КЛС, МБМ и др. В счетчике могут быть использованы аналогичные микросхемы серии К133, имеющие такую же нумерацию всех выводов. Вместо микросхем DD5—DD10, DD12, DD13 могут быть использованы также аналоги из серий К131, К158, имеющие такую же нумерацию выводов. Вместо микросборки транзисторов DA1 можно применить транзисторы типа КТ605А. В качестве ламп HG1—HG4 можно использовать индикаторы ИН-1, ИН-8, ИН-12Б и ИН-18.

Если все детали исправны и монтаж выполнен без ошибок, устройство начинает работать сразу. В этом случае настройка его сводится к подбору резисторов R4—R7 таким образом, чтобы ток через анод каждой из ламп составлял 1 ... 1,5 мА.

Для надежной работы необходимо, чтобы длина проводника, через который поступают импульсы на вход счетчика, не превышала 0,2 ... 0,3 м.

Электронный пускатель

Как известно, электромеханические пускатели широко применяют в электроаппаратуре для исключения повторного включения устройства после пропадания напряжения в сети. В таких пускателях коммутация нагрузки производится контактами реле. Значительно уменьшить обгорание контактов реле можно использованием тринисторов или симисторов, в этом случае контакты реле управляют слаботочной цепью тринистора.

Схема электронного пускателя представлена на рис. 123. Первичная обмотка трансформатора питания T1 подключена к питающей сети через симистор VS1. Нормально замкнутые контакты реле K1 шунтируют катод и управляющий электрод симистора, что обеспечивает закрытое состояние последнего. При нажатии кнопки SB1 «Пуск» через ее замыкающие контакты напряжение поступает на обмотку I трансформатора. Срабатывает реле K1 и своими кон-

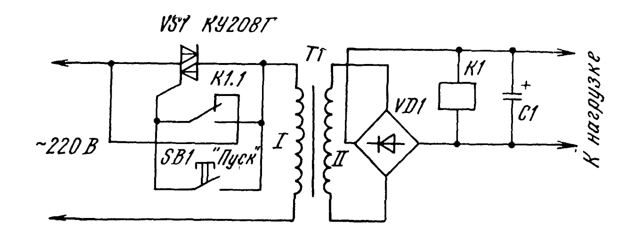


Рис. 123. Принципиальная схема электронного пускателя

тактами соединяет управляющий электрод симистора с его анодом. При этом симистор открывается в начале каждого полупериода, подавая напряжение на трансформатор и в нагрузку и после отпускания кнопки.

Данные трансформатора Т1, диодного моста VD1, реле К1 и конденсатора С1 определяются параметрами нагрузки. Такой электронный пускатель можно использовать, например, в зарядном устройстве (см. рис. 65).

Узел выключения прибора

Применение этого узла в различных электронных приборах с батарейным питанием позволяет избавиться от выключателя питания, заменив его пусковой кнопкой. Выключатель питания неудобен тем, что по окончании пользования прибором его необходимо выключать. Если же забыть это сделать, то батарея питания будет разряжаться. Особенно это относится к электронным играм, которыми пользуются дети. Данный узел позволяет включать прибор нажатием кнопки, выключение его осуществляется автоматически.

Схема узла выключения прибора представлена на рис. 124. При замыкании контактов кнопки SB1 «Пуск» питание от батареи GB1 поступает к цепям питания прибора и микросхемы DD1, на двух логических элементах которой выполнен RS-триггер. Поскольку конденсатор С1 в первый момент разряжен, на выводе 5 микросхемы DD1 действует напряжение низкого уровня, и триг-

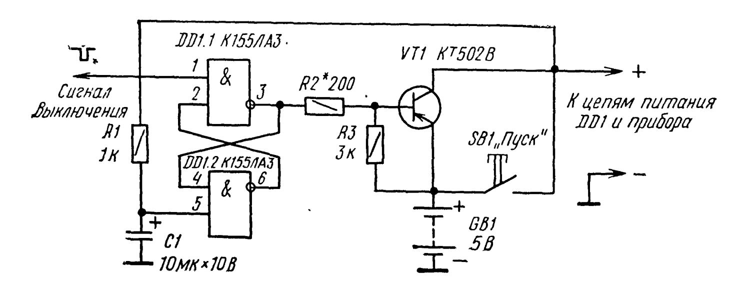


Рис. 124. Схема узла выключения прибора

гер устанавливается в состояние, соответствующее напряжению низкого уровня на выходе логического элемента DD1.1. Открывается транзистор VT1 и в этом состоянии остается и после отпускания кнопки SB1.

Выключение прибора осуществляется подачей напряжения низкого уровня на вывод 1 микросхемы DD1. Это может быть сигнал реле времени или сигнал с какого-либо счетчика, используемого в приборе.

Если питание прибора осуществляется от батареи напряжением 9 В, то в качестве микросхемы DD1 целесообразно использовать микросхемы серий К176, К561 (например, К176ЛА7).

Список литературы

Алексеев А. Г., Войшвилло Г. В. Операционные усилители и их применение. — М.: Радио и связь, 1989. — 120 с.

Бирюков С. А. Применение интегральных микросхем серий ТТЛ. — М.: Патриот, МП «Символ-Р». «Радио», 1992. — 120 с.

Бирюков С. А. Цифровые устройства на интегральных микросхемах. — 3-е изд.— М.: Радио и связь, 1991. — 184 с.

Борисов В. Г., Партин А. С. Практикум радиолюбителя по цифровой технике. — М.: Патриот, МП «Символ-Р», 1991. — 144 с.

Борисов В. Г. Юный радиолюбитель. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1985. — 440 с.

Вениаминов В. Н., Лебедев О. Н., Мирошниченко А. И. Микросхемы и их применение: Справ. пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1989. — 240 с.

Граф Р. Электронные схемы: 1300 примеров: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 688 с.

Дробница Н. А. 60 схем радиолюбительских устройств. — М.: Радио и связь, 1988. — 120 с.

Евсеев А. Н. Радиолюбительские устройства телефонной связи. — М.: Радио и связь, 1992. — 80 с.

Здрок А. Г. Выпрямительные устройства стабилизации напряжения и заряда аккумуляторов. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 144 с.

Зеленский В. А., Хромой Б. П. Бытовые электронные автоматы. — М.: Радио и связь, 1988. — 72 с.

Зельдин Е. А. Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной аппаратуре. — Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1986. — 280 с.

Иванов Б. С. В помощь радиокружку. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1990. — 128 с.

Ковалев В. Г., Лебедев О. Н. Электронные часы на микросхемах. — М.: Радио и связь, 1985. — 72 с.

Кублановский Я. С. Тиристорные устройства. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1987. — 112 с.

Лисицин Б. Л. Низковольтные индикаторы: Справочник. — М.: Радио и связь, 1985. — 136 с.

Мединский Л. Простое экономичное реле времени// Радио. — 1988. — № 1. — С. 41—43.

Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: Справочник/ И. В. Новаченко, В. М. Петухов, И. П. Блудов, А. В. Юровский. — М.: Радио и связь, 1989. — 384 с.

Немов А. Автомат световых эффектов// В помощь радиолюбителю. — М.: ДОСААФ, 1989. — Вып. 104. — С. 51—59.

Осторожно! Электрический ток!// Радио. — 1983. — № 8. — С. 55.
Переключатели гирлянд// Радио. —1989. — № 11. —С 83—85.
Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник/ **В. И. Иванов, А. И. Аксенов, А. М. Юшин.** — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 488 с.
Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник/ Под ред. Н. Н. Горюнова. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 744 с.
Пономарев Л. Д., Евсеев А. Н. Конструкции юных радиолюбителей. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1989. — 128 с.
Рейке И. Д. 55 электронных схем сигнализации: Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 112 с.
Сучков О. Универсальные макетные платы// Моделист-конструктор. —1986. — № 5. — С. 45—47.
Томас Р. К. Коммутационные устройства: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1989. — 144 с.
Транзисторы: Справочник/ О. П. Григорьев, В. Я. Замятин, Б. В. Кондратьев, С. Л. Пожидаев. — М.: Радио и связь, 1989. — 272 с.
Ференци О. Электроника в нашем доме: Пер. с венг. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 176 с.
Фролов В. В. Язык радиосхем. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1988. — 128 с.
Фромберг Э. М. Конструкции на элементах цифровой техники. — М.: Радио и связь, 1991. — 160 с.
Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С. В. Якубовский, Л. И. Ниссельсон, В. И. Кулешова и др.; Под ред. С. В. Якубовского. — М.: Радио и связь, 1990. —496 с.
Шило В. Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. —М.: Радио и связь, 1987. — 352 с.

Содержание